எலெக்ட்ரானியல்

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்படி வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்

க. ப. இரத்தினம், எம்.ஏ.,

பேராசிரியர், இயற்பியல் துறை,
பெரியார் ஈ. வே. ரா. கல்லூரி,
திருச்சிராப்பள்ளி.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—541

எலெக்ட்ரானியல்

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்படி வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்

க. ப. இரத்தினம், எம்.ஏ.,

பேராசிரியர், இயற்பியல் துறை,
பெரியார் ஈ. வே. ரா. கல்லூரி,
திருச்சிராப்பள்ளி.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—December 1973

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 541

© Tamil Nadu Text Book Society

ELECTRONICS

K. P. RATHINAM

Price Rs. 7-90

Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally sponsored scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed by

WELDUN PRESS,
7/1, Mannappa Mudali Street,
Korukkupet, Madras-21.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்

(தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதின்மூன்றுண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.) 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப் படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்து வரும் பெரு முயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்ல வேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'எலெக்ட்ரானியல்' என்ற இந்நூல் தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 541 ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 576 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் நடுவண் அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின் கீழ் வெளியிடப் படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை. ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெற வேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

பக்கம்

1. நேர்மின்னூட்டச் சுற்றுகள்—நிலையிலா மின்னோட்டம் 1

மின்தடைகளின் செயல்கள் — மின்தடையின் அலகுகள்—இடுகுறிகள்—தொடரிணைப்புச் சுற்றுகள்—பக்க இணைப்புச் சுற்றுகள்—மின்னழுத்தப் பகுப்பான்—நிலையிலா மின்னோட்டம்—தன்மின்நிலைமம் — மின் தேக்கம்.

2. மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றுகள் ... 10

மாறுதிசை மின்னழுத்தம் — மின்தடை மட்டும் உள்ள AC சுற்று—AC-யின் விளைவுறு மதிப்புகள்—மின்தடை மற்றும் மின்நிலைமம் தொடராக உள்ள AC சுற்று — மின்தடையும் மின்தேக்கமும் தொடராக இணைந்த AC சுற்று—மின்தடை, மின்நிலைமம் மற்றும் மின்தேக்கம் தொடராக உள்ள AC சுற்று — மின் எதிர்ப்புகள் பக்க இணைப்பாக உள்ள AC சுற்று—AC சுற்றுகளின் திறன்.

3. இயைவுச் சுற்றுகள் ... 21

தொடர் சுற்றில் இயைவு—இயைவின் கூர்மை—பக்க இணைப்பில் இயைவு—பக்க இணைப்புச் சுற்றில் இயைவின் கூர்மை.

4. பிணைந்த சுற்றுகள் ... 30

பிணைந்த சுற்றுகள்—மாறுநிலைப் பிணைப்பு மற்றும் பட்டை செலுத்துதல்—பிணைந்த சுற்றின் பண்புகள்.

5. வடிச் சுற்றுகள் ... 37

வடிச் சுற்றுகளின் கொள்கை விளக்கம் — π மற்றும் T கணுக்கள் ; சிறப்பியல் எதிர்ப்பு — குறை அதிர்வெண் வடிச்சுற்று—நிறை அதிர்வெண் வடிச் சுற்று — பட்டை செலுத்தும் வடிச்சுற்று — பட்டை நிறுத்தும் வடிச்சுற்று.

6. எலெக்ட்ரான் உமிழ்வு ... 49

எடிசன் விளைவு—எலெக்ட்ரான் உமிழ்வு முறைகள்—வெப்ப அயனி உமிழ்வு—கொள்கை விளக்கம்—ரிச்சர்ட்சன் கோவை.

7. வெற்றிட டயோடு : அதன் பண்புகளும் பயன்களும் 59

டயோடின் அமைப்பு—நகர்வு மின்னோட்டம்—வோல்ட் ஆம்பியர் பண்பியல் கோடுகள்—நிலைப் பண்பியல் கோடும் பளுக்கோடும் — இயக்கப் பண்பியல் கோடு—டயோடின் ACமின்தடை—டயோடின் பயன்கள் — AC திருத்தி, அரை அலைத்திருத்தம் — துடிப்படக்கச் சுற்றுகளும் குற்றலை எண்ணும்—மின்னழுத்த இரட்டிப்பான்—மின்னழுத்த நிலைப்பாடு—டயோடு செயல்பாட்டு வரம்புகள்.

8. வெற்றிட டிரயோடு : மின்னழுத்தப் பெருக்கியாக அதன் பயன் ... 80

கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு—டிரயோடின் நிலைப்பண்பியல் கோடுகள்—ஆனோடு நிலைப்பண்பியல் கோடுகள்—பரிமாற்றுப் பண்பியல் கோடுகள் — டிரயோடின் நிலைப்பண்பியல் குணகங்கள் — பளுக் கோடுகளும் இயக்கப் பண்பியல் கோடுகளும்—DC பெருக்கி—டிரயோடின் கிரிடு சுற்று — AC பெருக்கி — பெருக்கியில் பிறை உறவுகள் — பெருக்கு திறனை வரைபட முறையில் நிர்ணயித்தல் — பெருக்கிக்கான இணைமாற்றுச் சுற்று—கிரிடுக்குப் பயசு அளிக்கும் முறைகள்—பெருக்கியில் குலைவு—எதிராக்கம்—கேத்தோடு பின்னோடி—டிரயோடின் செயல்பாட்டு வரம்புகள்.

9. பல மின்வாய்க் குழாய்கள் மற்றும் பென்ட்டோடு பெருக்கி ... 111

ஸ்கிரீன் கிரிடு—ஸ்கிரீன் மின்னழுத்தம்—டெட்ரோட் நிலைப் பண்பியல் கோடுகள்—டெட்ரோடு மின்னழுத்தப் பெருக்கி—பென்ட்டோடும் அதன் நிலைப் பண்பியல் கோடுகளும்—எலெக்ட்ரான் கற்றை—ஆற்றல் குழாய்—பென்ட்டோடு பெருக்கி.

10. பெருக்கி அடுக்குகள் ... 122

தட்டுக்களிடை பிணைப்பு—RC பிணைப்பு—RC பெருக்கியின் அதிர்வெண் உணர்வு—LC பிணைப்பு—மின்மாற்றிப் பிணைப்பு—RF பெருக்கி—பொதுவான மின் மூலம் – பெருக்கிகளில் இரைச்சல்—ஹம் மற்றும் மைக்ரோபோனிக்ஸ்.

11. திறன் பெருக்கிகள் ... 139

பெருமத் திறன் மற்றும்—குழாயிலிருந்து பளு மின்தடைக்குத் திறன் மாற்றம்—ஆளேடு திறமை—திறனைக் கணக்கிடுதல்—குலைவில்லாத பெருமத்திறன்—நேர் போக்கான பெருக்கிகளில் பெருமத்திறமை—பெருக்கிகளின் வகைகள்—தள்ளு இழு பெருக்கி—C-வகைப் பெருக்கிகள்—கிரிடு மின்னழுத்தம் நேர் ஆதல்—கிரிடு மின்னேட்டப் பயசு—மின் எதிர்ப்புப் பொருத்தம்.

12. அலையியற்றிகள் ... 156

தொட்டிச் சுற்றில் அலைவுகள்—ஆக்கப் பின்னூட்டம்—அலையியற்ற நிபந்தனை—இயைவுறு கிரிடு அலையியற்றி— கிரிடு-கசிவு பயசு—பிற பின்னூட்ட அலையியற்றிகள் — படிகக் கட்டுப்பாட்டு அலையியற்றி—மின்தடை — மின்தேக்க அலையியற்றி.

13. அலைப்பண்பேற்றமும் பரப்பிகளும் ... 177

ஊர்தி அலை ஏன் தேவைப்படுகிறது—அலைப்பண்பேற்றம்—அலை வீச்சுப் பண்பேற்றம்—பக்கப் பட்டைகள்—பக்கப் பட்டைகளின் திறன்—அலைவீச்சுப் பண்பேற்றும் சுற்றுகள் — அலைப்பண்பேற்றத்தில் திறன் தேவைகள்—அலை அதிர்வெண் பண்பேற்றம்—பரப்பிகள்—அலைவீச்சுப் பண்பேறிய பரப்பிகள்.

14. அன்டென்னுக்களும் அலை பரவுதலும் ... 192

அன்டென்னுக்கள்—அன்டென்னுவின் தத்துவம்—கதிர்வீச்சு—அன்டென்னுவில் இயைவு—நிலை அலைகள்—அன்டென்னுவின் மின் எதிர்ப்பு— அன்டென்னு வகைகள் — திசைப்படுத்தும் அன்டென்னு — அலை பரப்பல் — அலை பரவும் வகைகள் — வான் அலையும் அயன மண்டலமும் — அலை பரவுதலைப் பாதிக்கும் நிகழ்வுகள்.

15. அலைப் பண்பிறக்கச் சுற்றுகள் ... 224

டயோடு அலைப்பண்பிறக்கம்—கிரிடு·கசிவு அலைப் பண்பிறக்கம் — ஈறிலா மின்எதிர்ப்பு அலைப்பண்பிறக்கம் — அலை அதிர்வெண் பண்பிறக்கம்.

16. ஏற்பிகள் ... 232

AM ஏற்பிகள் — ஒற்றைக்குழாய் ஏற்பி — நேர் ஏற்பி — கலக்கிப் பிரித்தல் — ஆட்டோடைன் சுற்று —சூப்பர்ஹெட்ரோடைன்—உரப்புத் தற்கட்டுப்பாடு.

17. கேத்தோடு கதிர் ஆசிலோகிராஃப் ... 247

கேத்தோடு கதிர் குழாயின் அமைப்பும் செயலும் —நேர்கோட்டுக் காலவடி —கேதோடு கதிர் ஆசிலோ கிராஃப்.

18. மைக்ரோ அலைகள் ... 260

மேக்னெட்ரான் — பொந்து மேக்னெட்ரான் — ரேடார்—ரேடாரின் முக்கிய அங்கங்களும் அவற்றின் செயல்களும் — இருப்பிடம் காட்டி — டெலிவிஷன் (தொலைக்காட்சி) — பிம்ப ஆர்திகான் -- வரிக்கண் ணோட்டம் — இசைவுப் பொருத்தம் — டெலிவிஷன் அதிர்வெண்கள்—துணைக்கோள் தொடர்பு—மேசர்— லேசர்—லேசரின் பயன்கள்.

19. டிரான்சிஸ்டர்ஸ் ... 279

குறைக்கடத்திகள் — N மற்றும் P வகை ஜெர் மானியம் — ஜங்ஷன் டயோடுகள் — சந்தி டிரான் சிஸ்டர்கள்—டிரான்சிஸ்டர் இடுகுறிகளும் இணைப்பு களும்—டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிச் சுற்றுகள் — டிரான் சிஸ்டர் அலையியற்றி.

20. அளக்கும் கருவிகள் ... 298

நேர் மின்னோட்ட VTVM — மாறுதிசை மின் னோட்ட VTVM — மல்டி மீட்டர்.

மேற்கோள் நூற்பட்டியல் ... 303

கலைச்சொற்கள் ... 304

1. நேர் மின்னோட்டச் சுற்றுகள்—நிலையிலா மின்னோட்டம்

(Direct Current Circuits - Transients)

எலெக்ட்ரானியலில் நாம் சந்திக்கின்ற சிலபல சிறப்புறு சுற்றுகளைப் பற்றி இப் பகுதியில் படிக்கிறோம். மின் சுற்றுகளைப் பற்றிய அடிப்படைத் தத்துவங்களும், ஆம்பியர், வோல்ட், ஓம், கூலூம், வாட், ஜெளல் ஆகியவற்றின் வரைறைகளும் முன்னரே அறியப் பட்டன என்றும் கொண்டு பின்வருவன எழுதப்படுகின்றன.

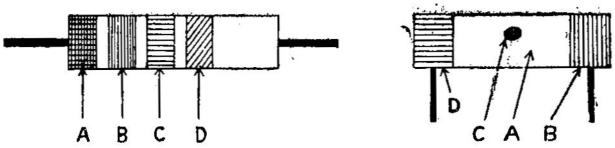
1.1 மின் தடைகளின் செயல்கள்

மின் சுற்றுகளில் சாதாரணமான ஓர் உறுப்பு மின்தடையாகும். ஒரு மின்தடைக்கு மூன்று பணிகள் உண்டு. அவை (1) அதனில் மின்னோட்டம் ஏற்படுவதை எதிர்த்தல், (2) அதனில் மின்னோட்டம் உள்ளபொழுது அதன் முனைகளிடையே மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஏற்படுத்தல், (3) மின்சார ஆற்றலை வெப்ப ஆற்றலாக மாற்றுதல் என்பனவாகும்.

தன்னில் மின்னோட்டத்தை எதிர்ப்பதனால், மூலத்திலிருந்து வெளியே பாயும் மின்னோட்டத்தை ஒரு மின்தடை கட்டுப்படுத்துகிறது. மின்தடை அதிகரித்தால் மாறுத மின் மூலத்திலிருந்து வெளியே பாயும் மின்னோட்டம் குறையும் என்பது பொது விதி. மின்னோட்டமுடைய மின்தடையின் முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு தோன்றுவதால், மாறுத மூலத்திலிருந்து வெவ்வேறு வோல்ட்களைப் பெற இயலும். மின்னாற்றல் வெப்பமாக மாறுவது எலெக்ட்ரானியலில் தவிர்க்க வேண்டியதாகும். மின்தடை மிகவும் சூடேறினால் அஃது உருகி உடைய வழியுண்டு. எனவே, மின்தடை வழியாகவும், அதனுடன் தொடர் இணைப்பில் உள்ளனவற்றின் வழியாகவும் மின்னோட்டம் தடைபடும்.

எலெக்ட்ரானியலில் பயன்படும் மின்தடைகள் கார்பன் துகள்கள் அல்லது உலோகக் கம்பிகளால் ஆனவை. முதல்வகை மின்தடை

களின் மதிப்புகள் காலப்போக்கினுலும், அதனில் பாயும் மின்னேட்டத்தாலும் மாறக் கூடியவை. மற்ற வகையானது துல்லியமும், வெப்பம் உமிழ்திறனும் (Power dissipating ability) அதிகமாக உடையது. இந்த மின்தடைகளின் மதிப்பைக் கணக்கிடும் முறையைக் காண்போம்.



படம் 1.1
கார்பன் மின்தடைகளின் மதிப்பைக் கணக்கிடல் — வண்ணச் சங்கேதம்.

கார்பன் மின்தடைகளின் மதிப்பைக் கணக்கிடும் வண்ணச் சங்கேதம் (Colour code) பின்வருமாறு :

பழுப்பு — 1	மஞ்சள் — 4	ஊதா — 7
சிவப்பு — 2	பச்சை — 5	சாம்பல் — 8
ஆரஞ்சு — 3	நீலம் — 6	வெள்ளை — 9
	கருப்பு — 0	

பொன், வெள்ளி நிறப்பட்டைகள் முறையே 5%, 10% பிழைகளைக் குறிக்கின்றன. கார்பன் மின்தடைகளில் வண்ணம் பூசப்பட்டிருக்கும் முறை படம் (1.1)-ல் காணப்படுகிறது. இதனில் A, B, C, D என்ற நான்கு பட்டைகள் அல்லது வண்ணங்கள் காணப்படுகின்றன. இவற்றைப் பின்வருமாறு இனங் காண வேண்டும்.

பட்டை A அல்லது உடல் A	முதல் முக்கிய எண்
பட்டை B அல்லது முனை B	இரண்டாவது முக்கிய எண்
பட்டை C அல்லது புள்ளி C	முதலிரண்டு முக்கிய எண்களைப் பின்பற்றி வரும் சுழிகளின் எண்ணிக்கை
பட்டை D அல்லது மற்றொரு முனை D.	மேலே கணக்கிட்ட மதிப்பில் உள்ள பிழைசதவிகிதத்தில்.

உதாரணங்கள் :

A	B	C	D	மதிப்பு ஓம்களில்	பிழை
பச்சை	கருப்பு	கருப்பு	வெள்ளி	50	10%
பச்சை	நீலம்	ஆரஞ்சு	வெள்ளி	56000=56K	10%
மஞ்சள்	ஊதா	ஆரஞ்சு	வெள்ளி	47000=47K	10%
பழுப்பு	பச்சை	பச்சை	பொன்	1500000=1·5meg.	5%
சிவப்பு	சிவப்பு	பச்சை	பொன்	2200000=2·2meg.	5%

1.2 மின் தடையின் அலகுகள்

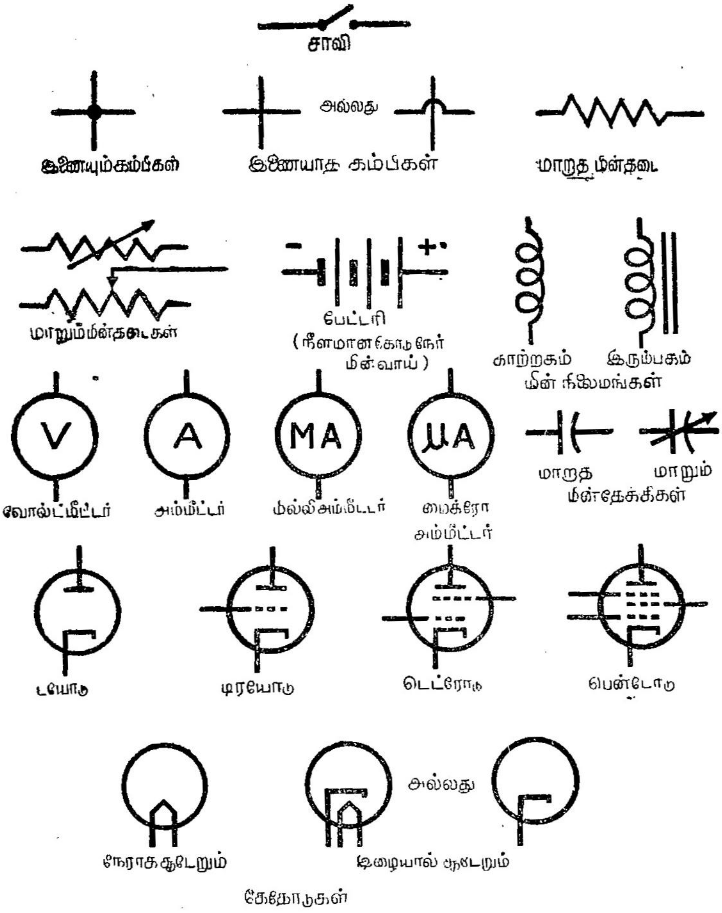
எலெக்ட்ரானியலில் பின் கண்ட முன் அடைச் சொற்கள் (Prefixes) பயன்படுகின்றன.

மில்லி $= 10^{-3} = m$ கிலோ $= 10^{3} = K$
மைக்ரோ $= 10^{-6} = \mu$ மெக் $= 10^{6} = M$
பிக்கோ $= 10^{-12} = p$

மின் தடைகள் கிலோ ஓம்கள், மெக் ஓம்களில் அளக்கப்படுகின்றன. எனவே, மின்னோட்டம் மில்லி ஆம்பியர்கள், மைக்ரோ ஆம்பியர்களில் அளக்கப்படுகின்றது. மின் தடைகளின் மதிப்புகள் K அல்லது M என்ற அடைச் சொற்களுடன் குறிக்கப்படும்; K ஓம் அல்லது M ஓம் என்று குறிக்கப்படுவது இல்லை. உதாரணமாக 50K என்று குறிக்கப்பட்ட மின் தடையின் மதிப்பு 50,000 ஓம்கள் ஆகும்.

1.3 படங்களில் இடுகுறிகள்

மின் சுற்றுகளில் பயன்படும் மின் தடைகள், நிலைமச் சுருள், மின்தேக்கி போன்றவற்றின் இடுகுறிகளைப் படம் (1.2) காட்டுகின்றது. அவ்வப்பொழுது இப் படத்தைப் படித்தறிதல் இன்றியமையாததாகும்.



படம் 1.2

எலெக்ட்ரானியல் சுற்றுகளில் இடுகுறிகள்

1.4 தொடரிணைப்புச் சுற்றுகள்

தொடர் இணைப்புச் சுற்றுக்கு இரண்டு பண்புகள் உண்டு. (1) சுற்றில் எந்தப் பகுதியிலும் ஒரே அளவு மின்னோட்டம் உள்ளது. (2) சுற்றில் உள்ள மின் இயக்கு விசைகளின் எண்ணியல் தொகை அச் சுற்றில் மின்தடைகள் ஏற்படுத்தும் மின்னழுத்த இறக்கங்களின் கூட்டுத் தொகைக்குச் சமம்

முதல் பண்பின் பயனாக, இச்சுற்றில் ஓடும் மின்னோட்டத்தை அளப்பதற்கு அதனில் ஏதாவதோர் இடத்தில் ஓர் அம்மீட்டரை

இணைத்தால் போதும். அம்மீட்டர் காட்டுமளவு மின்னோட்டம் அச்சுற்றில் உள்ளது என அறியலாம். தொடரிணைப்புச் சுற்றில் எப்பகுதியில் மின்தடையை அதிகரித்தாலும் அச்சுற்றில் மின்னோட்டம் குறையும் என்பது தெளிவு.

இரண்டாவது பண்பு கிர்க்காஃப் இரண்டாம் விதிதான் என்பதும் தெளிவு.

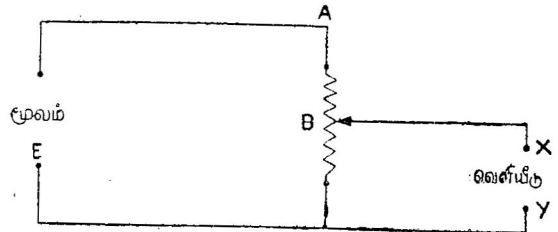
1.5 பக்க இணைப்புச் சுற்றுகள்

இந்தச் சுற்றுகளுக்கும் இரண்டு பண்புகள் உண்டு. அவை யாவன: (1) பக்க இணைப்புக் குழுவின் முனைகளிடையே மின்னழுத்த இறக்கம் அக்குழுவின் கூறுகளின் முனைகளிடையே பொதுவானதாகும். (2) ஏந்த ஒரு சந்திப்பிலும் உள்ள மின்னோட்டங்களின் எண்ணியல் தொகை சுழியாகும்.

முதல் பண்பின் பயனாகக் குழுவின் எந்த ஒரு கூற்றின் முனைகளிடையே உள்ள மின்னழுத்த இறக்கத்தையும் வோல்ட் மீட்டரால் அளக்கலாம். இரண்டாவது பண்பு கிர்க்காஃப் முதல் விதியாகும். இதன்படி சந்திப்பிலிருந்து வெளியேறும் மின்சாரத்திற்குச் சமமான அளவு அச்சந்திப்பில் சேரும்.

6.1 மின்னழுத்தப் பகுப்பான் (Voltage divider)

தகுந்த மூலம் தருகின்ற மின்னழுத்தத்தை விடக் குறைவான அளவு மின்னழுத்தம் சிற்சில சமயங்களில் தேவையாகிறது. இதற்கு மின்னழுத்தப் பகுப்பான் பயன்படுகிறது. மூலத்திற்கும்,



படம் 1.3

மின்னழுத்தப் பகுப்பான்

அதனால் பயன்பெறும் கருவிக்கும் இடையே ஒரு மின்தடையைத் தொடராக இணைத்தல் ஒரு முறை. சுழியிலிருந்து மூலத்தின் முழு மின்னழுத்தம்வரை மாற்றவல்ல வகையில் ஒரு நகரும் இணைப்பு உடையது இரண்டாவது முறை.

AC என்ற மின்தடையுடன் மூலம் E இணைத்ததைப் படம் (1.3) காட்டுகிறது. நகரும் இணைப்பு AC-யின் மீது நகர்கிறது. அதைத் தேவையான புள்ளி B-யில் பொருத்தலாம். கம்பி AC சீரான தடிப்பு உடையது எனக் கொண்டால், மின்னழுத்தம் BC-யானது நீளம் BC-யிக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது. நகரும் இணைப்பு C-யிலிருந்து A-யிக்கு நகரும்பொழுது வெளியீடு மின்னழுத்தம் சுழியிலிருந்து மூலத்தின் முழு மதிப்பு E-யிக்கு உயர்கிறது.

மின்பளுவானது (Electrical load) முனைகள் X, Y இடையே இணைக்கப்படுகிறது. BC-யின் மின்தடையுடன் ஒப்பிடப் பளுவின் மின்தடை மிக அதிகமாயின், வெளியீடு மின்னழுத்தம் BC-யிக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. BC-யுடன் பக்க இணைப்பிலுள்ள பளுமின் தடை முன்னதின் மின்தடையுடன் ஒப்பிடக் குறைவாயின் மேற் சொன்ன நேர்விகிதம் பொருந்தாது. பக்க இணைப்பில் உள்ள BC-யும், பளுவும் மூலத்துடன் தொடராக இணைகின்றன. BC, பளு இரண்டும் உள்ள பக்க இணைப்பின் தொகுமின்தடை BC-யின் மின் தடையை விட மிகக் குறைவாகும். எனவே, வெளியீடு மின்னழுத் தமும் குறைகிறது.

ஆகவே, மூலத்திலிருந்து வெளியீடு மின்னழுத்தத்தைப் பெறத் தொடராக இணையும் மின்தடை அல்லது மின்னழுத்தப் பகுப்பான் பயன்படுகிறது. பளுவின் மின்தடை அதிகமாயின் மின்னழுத்தப் பகுப்பானையும், அதுவே குறைவாயின் தொடரிணைப்பில் ஒரு மின் தடையையும் பயன்படுத்த வேண்டும்.

1.7 நிலையிலா மின்னோட்டம் (Transient current)

நேர் மின்னோட்டச் சுற்றில் மின் இயக்குவிசையும் மின்தடையும் மாறாத வரை அதனில் மின்னோட்டமும் மாறாது; ஆனால் மின் இயக்குவிசை மாறுமாயின், மின்னோட்டம் உடனுக்குடன் மாறு கிறது. ஆனால், மின்னியக்குவிசை மாறும்பொழுது மின்னோட்டமும் உடனுக்குடன் மாறித் தக்க புதிய மதிப்பை அடையாமலிருக்கும் ஒரு சுற்று கவனத்திற்குரியது. இச் சுற்று நிலையிலாச் சுற்று (Transient circuit) எனப்படும். இவ்வகைச் சுற்றுகளில் மின்தடை மட்டுமின்றித் தன் நிலைமம் (Self inductance), மின்தேக்கம் (Capacitance) ஆகியவற்றின் விளைவுகள் கவனிக்கப்படல் வேண்டும்.

1.8 தன்நிலைமம் (Self inductance)

'மாறுகின்ற மின்னோட்டம் ஒரு மின் இயக்கு விசையைத் தூண்டுகிறது; இந்த மின் இயக்குவிசை அந்த மாறுதலை எதிர்க் கிறது' என்பது லென்சு விதி (Lenz's law). இந்த விளைவு கம்பிச் சுருள்களில் பெருமளவில் காணப்படும். தூண்டப்படும் மின்இயக்கு விசை சுருளில் உள்ள மின்னோட்ட மாறுதலின் நேர விகிதத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். எனவே,

$$e' = -L\left(\frac{di}{dt}\right) \qquad ...(1.1)$$

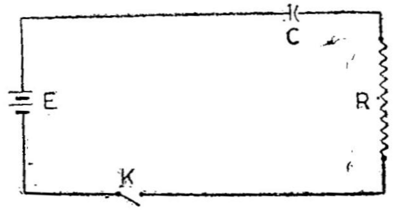
என்றெழுதலாம். இங்கு e' = தூண்டு மின் இயக்குவிசை; L = விகித மாறிலி. இந்த விகித மாறிலி L-ஐத் தன்நிலைமம் என அழைக்கிறோம். ஒரு கம்பிச் சுருளில் மின்னோட்டமானது செகண்டுக்கு ஓர் ஆம்பியர் என மாறி ஒரு வோல்ட் மின் இயக்கு விசையை எதிர்த் திசையில் தூண்டினால், கம்பிச் சுருளின் தன்நிலைமம் ஒரு ஹென்றி ஆகும். 1 ஹென்றி $= \dfrac{1 \text{ வோல்ட்}}{1 \text{ ஆம்பியர்/செகண்டு}}$.
மேலும், 10^3 மில்லி ஹென்றி = 1 ஹென்றி.

சமன்பாடு (1)-ல் உள்ள எதிர்க்குறி, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையானது மின்னோட்ட மாறுதலை எதிர்க்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது.

தன்நிலைமம் உடைய கம்பிச் சுருள் நிலைமச் சுருள் (Inductance coil) எனப்படும். இவை பெரும்பாலும் தாமிரத்தால் ஆனவை எனினும், அவற்றின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாயின் அவற்றின் மின்தடையும் அதிகரிக்கும். எனவே, நிலைமச் சுருளுக்குத் தன்நிலைமம் தவிர மின்தடையும் உண்டென அறிக. நிலைமச் சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை அதிகரித்தால், அதன் தன்நிலைமம் உயரும்; மேலும் சுருளின் உள்ளகம் (Core) இரும்பு ஆனாலும், அதன் தன்நிலைமம் அதிகரிக்கும்.

1.9 மின் தேக்கம் (Capacitance)

கடத்தாப் பொருளால் பிரிக்கப்பட்ட இரண்டு மின்கடத்திகள் அடங்கிய அமைப்பு மின்தேக்கி (Capacitor) எனப்படும். நேர் மின்னோட்டச் சுற்றுகளில் மின்தேக்கியினால் எவ் விளைவும் ஏற்படுவதில்லை. ஆனால், மின்னோட்ட மதிப்பு மாறும்பொழுதில் ஏற்படும்



படம் 1.4

R-C தொடரிணைப்பு—மின்மூலத்துடன்

விளைவு கவனத்திற்குரியது. மின்தேக்கி மூலத்துடன் தொடராக இணைக்கப்பெற்ற எச்சுற்றிலும், மின்னோட்டம் மாறும்பொழுதில் அன்றி, வேறு எச்சூழ்நிலையிலும் மின்னோட்டம் இருத்தல் இயலாது.

படம் (1.4)-ல் மின்தேக்கி C மின்மூலம் E-யுடன் தொடராக இணைந்துள்ளது. சாவி K மூடப்பட்டவுடன் ஒரு மின்னோட்டம் சுற்றில் ஏற்படுகிறது. இந்த மின்னோட்டம் C-யின் தகடுகளுக்கு மின்னூட்டம் அளிப்பதால் ஊட்டு மின்னோட்டம் (Charging current) எனப்படும். சாவி மூடப்பட்ட கணத்தில் உச்ச மதிப்புடன் தொடங்கிய மின்னோட்டம் சிறிது சிறிதாகக் குறைந்து சுழியத்தை அடைகிறது. அதன் பின்னர்ச் சுற்றில் மின்னோட்டம் இல்லை.

இந்த ஊட்டு மின்னோட்டமானது மின்னூட்டம் 'q'-வை **C**-யின் தகடுகளுக்கு மின்கலத்திலிருந்து இடம் மாற்றியுள்ளது. தகடுகளிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு V-யையும், மின்தேக்கியின் வடிவமைப்பையும் பொறுத்து 'q'-வின் மதிப்பு அமையும்.

$$q = CV \qquad \dots (1.2)$$

$$\text{அல்லது} \quad C = q/V \qquad \dots (1.2a)$$

இங்கு விகித மாறிலியான C, மின்தேக்கு திறன் என்றழைக்கப் படும். 1 கூலூம் மின்னூட்டம் 1 வோல்ட் மின்னழுத்த வேறு பாட்டை ஏற்படுத்தினால், மின்தேக்கியின் மின்தேக்கு திறன் 1 ஃபாரட் (Farad) ஆகும். ஃபாரட் மிகப் பெரிய அலகு ஆதலின் மைக்ரோஃபாரட் மற்றும் பிக்கோஃபாரட் என்ற அலகுகள் பயன்படுகின்றன.

$$\text{மைக்ரோஃபாரட்} = \mu F = 10^{-6} \text{ ஃபாரட்}$$

$$\text{பிக்கோஃபாரட்} = pF = 10^{-12} \text{ ஃபாரட்}$$

மின்தேக்கி ஏற்படுத்தும் விளைவிற்கும், நிலைமச் சுருள் ஏற்படுத்தும் விளைவிற்கும் உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகள் அறிய வேண்டியன. மின்னோட்டத் தொடக்கத்தில் மின்தேக்கியின் தகடுகளிடையே ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு, மின்கலத்தின் மின் இயக்கு விசைக்கு எதிராகச் செயல்படுகிறது. நிலைமச் சுருளில் செயல்படும் எதிர்மின் இயக்கு விசையையும் (Back $e.m.f.$), மின்தேக்கியில் செயல்படும் எதிர் மின்னியக்கு விசையையும் ஒப்பு நோக்குக. சுற்று மூடப்படும்பொழுது, நிலைமச் சுருளில் எதிர் மின் இயக்குவிசை பெருமம் ஆகும். மின்தேக்கியில் அதுவே சிறுமமாகிறது. மின்தேக்கி மின்னூட்டப்பட்ட பிறகு மின்னூட்டம் அதில் தேங்கியுள்ளது. பின்னர், அதுவே நிலையிலா மின்னோட்டத்தைத் தரவல்லது.

பொதுவாக மின்தேக்கிகள் அவற்றிலுள்ள கடத்தாப் பொருளால் வகைப்படுகின்றன. இவை காற்று, மைக்கா, காகிதம், எண்ணெய், மற்றும் மின்னாற்பகுப்பு (Electrolytic) மின்தேக்கிகள் என்பவை. மேற்கண்ட வரிசையில் அவற்றின் மின்தேக்குதிறன் அதிகரிக்கிறது. மின்தேக்கிகளின் திறனும், அவை

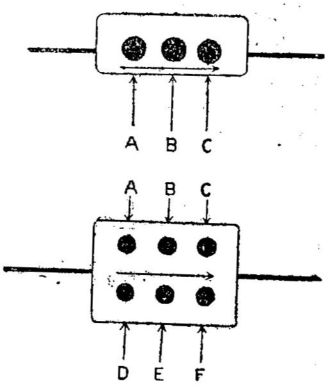
தாங்கக்கூடிய மின்னழுத்தமும் அவற்றின்மீது குறிக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த மதிப்பிற்கும் அதிகமான மின்னழுத்தம் மின்தேக்கிகளைச் சேதப்படுத்திப் பயனற்றன வாக்கும். மின்னாற்பகுப்பு மின்தேக்கி மற்ற வகைகளிலிருந்து ஒரு பண்பில் வேறுபடுகிறது. இவற்றிற்கு முனைவுகள் (Polarities) உண்டு. நேர்முனையை நேர் மின்னழுத்தம் உடைய புள்ளிக்கும், எதிர்முனையை எதிர் மின்னழுத்தம் உள்ள புள்ளிக்கும் இணைக்க வேண்டும்; மாற்றி யிணைத்தால் மின்தேக்கி சேதமுறும்.

மின்தேக்கிகளின் திறனைக் கணக்கிடப் பயன்படும் வண்ணச் சங்கேதம் படம் (1,5)-ல் காணப்படுகிறது. வண்ணங்களுக்கு உரிய எண்மதிப்புகள் பகுதி (1.1)-ல் சொல்லப்பட்டவையே. படம் (1.5)-ல் இரண்டு கணக்கீடு முறைகள் காணப்படுகின்றன. இவை மூன்று புள்ளி முறையும், ஆறு புள்ளி முறையும் ஆகும்.

(1) மூன்று புள்ளி முறை: 500 வோல்ட் வரை பயன்படும் மின்தேக்கிகளில் இந்த முறையே பயன்படுகிறது. மின்தேக்கியில் காணப்படும் அம்புக்குறி வண்ணங்களின் வரிசையைக் காட்டுகிறது. இவ் வரிசை இடத்திலிருந்து வலமாகப் படிக்கப்படல் வேண்டும். அப்படிப் படிக்கக் கிடைக்கும் மதிப்பின் அலகுகள் பிக்கோஃபாரட்டுகள் (pF) ஆகும்.

உதாரணம் :

இடமிருந்து வலமாக வண்ணங்கள் முறையே மஞ்சள், ஊதா மற்றும் சிவப்பு எனில் மின்தேக்கு திறன் $= 4700 pF$.



படம் 1.5
மின்தேக்கிகளின் மதிப்புக் கணக்கிடல்

(2) ஆறு புள்ளி முறை: இதிலும் வண்ணங்கள் இடமிருந்து வலமாகப் படிக்கப்படல் வேண்டும். A, B, C என்ற மூன்று மேல் வரிசை வண்ணங்களும் முதல் மூன்று முக்கிய எண்களையும், வண்ணம் F சுழிகளின் எண்ணிக்கையையும் குறிப்பன. D, E என்பன முறையே மின்தேக்கி தாங்கக் கூடிய பெரும மின்னழுத்தத்தையும், அதன் மதிப்பில் உள்ள பிழைச் சதவிகிதத்தையும் குறிக்கின்றன.

உதாரணம் :

மேல் வரிசை இடமிருந்து வலமாக - மஞ்சள், ஊதா, கருப்பு; கீழ் வரிசை இடமிருந்து வலமாக - வெள்ளி, வெள்ளி, ஆரஞ்சு எனில், மின்தேக்கு திறன் $= 470{,}000\ pF$; 2000 வோல்ட்கள் 10% பிழை ஆகும்.

2. மாறுதிசை மின்னோட்டச் சுற்றுகள்

(Alternating Current Circuits)

மின்நிலைமம் மற்றும் மின்தேக்கம் இரண்டும் நேர் மின்னோட்டத்தில் மாறுதல்கள் ஏற்படும்பொழுது மட்டுமே விளைவுகளை ஏற்படுத்துகின்றன என்று முதல் பாடத்தில் படித்தோம். மூலத்தின் மின்னியக்குவிசை தொடர்ந்து மாறுமேயானால் மின்னோட்டம் நிலையான மதிப்பைப் பெறாது. எனவே, மின்நிலைமம் மற்றும் மின்தேக்கம் இவற்றின் விளைவுகள் தொடர்ந்து ஏற்படுவன என்பது கவனத்திற்குரியது.

ஒரு சுற்றில் மின்னோட்டம் சமகாலக் கூறுகளில் திசைமாறி, மாறிப் பாயுமானால் அது மாறுதிசை மின்னோட்டம் (Alternating current) எனப்படும். மற்றும் அந்த மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு நிலையாக இல்லாமல் தொடர்ந்து மாறிக் கொண்டேயிருக்கும். எனவே, AC சுற்றுகளில் மின்நிலைமம், மின்தேக்கம், மற்றும் மின்தடைகள் தொடர்ந்து விளைவுகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

2.1 மாறுதிசை மின்னழுத்தம் (Alternating voltage)

மாறுதிசை மின்னழுத்தம் ஒன்றை

$$e = E_m \sin(\omega t + \phi) \qquad \ldots (2\ 1)$$

என எழுதலாம். இங்கு e = நேரம் 't'-யில் மின்னழுத்தத்தின் கணமதிப்பு (Instantaneous value of voltage)

E_m = மின்னழுத்தத்தின் பெரும மதிப்பு.

$\omega = 2\pi f$ = துடிப்பு (Pulsatance)

f = அதிர்வெண் (Frequency)

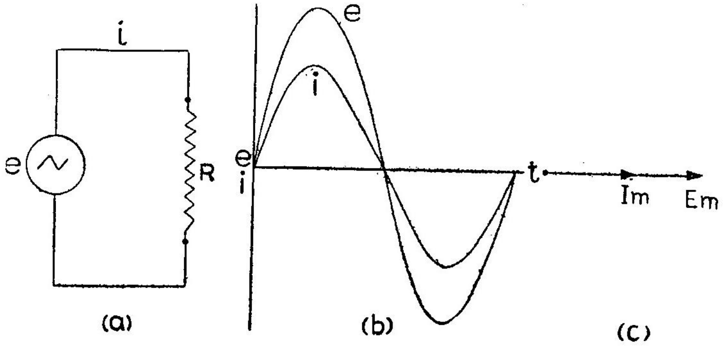
ϕ = தொடக்கப்பிறை (Initial phase.)

இதுபோலவே மாறுதிசை மின்னோட்டத்தையும் எழுதலாம்:

$$i = I_m \sin(\omega t + \alpha) \qquad \ldots (2.2)$$

இங்கு இடுகுறிகளின் பொருள்கள் எளிதில் விளங்குகின்றன.

2-2 மின்தடை மட்டும் உள்ள AC சுற்று (AC Circuit with resistance only)



படம் 2.1

மின்தடை மட்டும் உள்ள AC சுற்று

படம் (2.1) பார்க்க. ஓம் விதிப்படி, சுற்றில் எக்கணத்திலும் பாயும் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு $i = e/R$; R = மின்தடை. அதாவது

$$i = \frac{E_m}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t; \quad \text{மற்றும் } I_m = E_m/R.$$

R மாறிலியாக வுள்ளவரை மின்னோட்டமானது மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது. மின்னோட்டம், மின்னழுத்த வேறுபாடு இரண்டும் ஒத்த பிறையின; இந்தக் கூற்று முக்கியமானதும் கூட. இவற்றிற்கான வரைபடங்களைப் படம் (2.1b)-யில் காண்க. மற்றும் (2.1c) இதற்கான வெக்டர் படம் ஆகும்.

எந்த ஒரு கணத்திலும் R-க்குத் தரப்படும் மின்சாரத் திறன் $p = ei$ ஆகும். அதாவது

$$p = (E_m \sin \omega t)(I_m \sin \omega t) \qquad \ldots (2.3)$$

$$= E_m I_m \sin^2 \omega t = E_m I_m \left(\frac{1 - \cos 2\omega t}{2}\right)$$

$$\therefore p = \frac{E_m I_m}{2} - \frac{E_m I_m}{2} \cos 2\omega t \qquad \ldots (2.3a)$$

சமன்பாடு (2.3a)-யை ஓர் அலைவு நேரத்திற்குத் (Period = T) தொகுதியாக்கினால் சராசரி திறன் P கிடைக்கும்.

$$p = \frac{1}{2\pi} \int_{0}^{2\pi} \left[\frac{E_m I_m}{2} - \frac{E_m I_m}{2} \cos 2\omega t \right] d(\omega t)$$

$$p = \frac{E_m I_m}{2} \qquad \ldots (2.4)$$

எனவே, ஓர் அலைவு நேரத்தில் சராசரி திறன்

$$p = \frac{E_m I_m}{2} = \frac{I_m^2 R}{2}$$

R பெறுகின்ற மின்திறனின் பெரும மதிப்பு

$$p_m = E_m I_m = I_m^2 R \qquad \ldots (2.5)$$

என்பதும் விளங்கும்.

2.3 சைன் அலையான மின்னழுத்தங்கள் மற்றும் மின்னோட்டங்களின் விளைவுறு மதிப்புகள். (Effective values of sinusoidal voltages and currents)

$\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ நிலைமதிப்புடைய நேர் மின்னோட்டம் (DC), $\frac{I_m^2 R}{2}$ நிலைமதிப்புடைய திறனைத் தருகிறது. பெரும மதிப்பு I_m உடைய மாறுதிசை மின்னோட்டமும் சராசரி மதிப்பு $\frac{I_m^2 R}{2}$ உடைய திறனைத் தருகிறது. எனவே, ஒரு மின்தடையில் $\frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0{\cdot}707\ I_m$ மதிப்புடைய நேர் மின்னோட்டம் ஏற்படுத்தும் வெப்ப விளைவையே பெரும மதிப்பு I_m உடைய மாறுதிசை மின்னோட்டமும் ஏற்படுத்துகிறது. ஆதலின் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் விளைவுறு மதிப்பு $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ எனப்படும். அதுபோலவே மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் விளைவுறு மதிப்பு $\frac{E_m}{\sqrt{2}}$ ஆகும். பொதுவாக, AC சுற்றுகளை விவரிக்கையில் விளைவுறு மதிப்புகளையே பயன்படுத்துகிறோம். உதாரணமாக, 230 வோல்ட் AC என்பது விளைவுறு மதிப்பு 230 வோல்ட் உடைய மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தைக் குறிக்கும்; இதன் பெரும மின்னழுத்தம் $E_m = \sqrt{2} \times 230$ வோல்ட் $= 325{\cdot}22$ வோல்ட் ஆகும். மேலும், இடுகுறிகள் E, I என்பன விளைவுறு மதிப்புகளையே குறிக்கும். மாறுதிசை மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் *rms* மதிப்புகள் (Root mean

square: சராசரி இருமடியின் மடிமூலம்) விளைவுறு மதிப்பையே குறிக்கும்.

AC மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் இவற்றின் விளைவுறு மதிப்புகளையோ, பெரும மதிப்புகளையோ பயன்படுத்தினால் $I = E/R$ என்ற ஓம் விதி இந்த AC சுற்றுக்குப் பொருந்து மென்றறிக.

2.4 மின்நிலைமமும் மின்தடையும் தொடராக உள்ள AC சுற்று (AC Circuit with inductance and resistance in series)

நிலைமச் சுருளில் மின்னோட்ட மதிப்பு மாறும்பொழுது அதனில் ஓர் எதிர் மின்னியக்குவிசை தோன்றுகிறது என்றறிவோம். இதன் மதிப்பு

$$e' = -L\left(\frac{di}{dt}\right) \qquad \dots (1.1)$$

சைன் அலையான மின்னோட்டம் நிலைமச் சுருளில் பாய்வதாகக் கொள்வோம். இந்த மின்னோட்டத்தை

$$i = I_m \sin \omega t \qquad \dots (2.6)$$

என்றெழுதலாம். எனவே,

$$e' = -L\frac{di}{dt} = -L\omega I_m \cos \omega t$$

$$= L\omega I_m \sin \omega t - \frac{\pi}{2}\Big) \qquad \dots (2.7)$$

ஒரு மின்தடையும் (R), ஒரு நிலைமச் சுருளும் (L) தொடராக இணைக்கப்பட்டு இத்தொடரின் முனைகளில் ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்தம் (e) இணைக்கப்பட்டால்

$$e = iR - e'$$

$$= iR + L\frac{di}{dt}. \qquad \dots (2.8)$$

சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டம் $i = I_m \sin \omega t$ என்றால் சமன்பாடு (2.8)-ஐப் பின்வருமாறு எழுதலாம்:

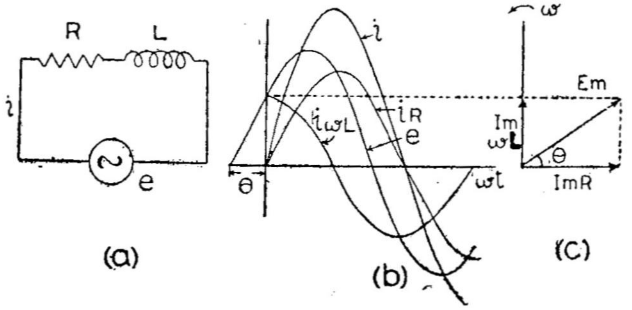
$$e = I_m R \sin \omega t + I_m \omega L \cos \omega t. \qquad \dots (2.9)$$

அதாவது இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் இரு கூறுகளாகச் செயல்படுவதாகக் கொள்ளலாம். முதல் கூறு மின்னோட்டத்துடன் ஒத்த பிறையுடையதாகவும், மற்றக் கூறு மின்னோட்டத்தைவிட 90° முன் பிறை யுடையதாகவும் கொள்கிறோம். எக்கணத்திலும் இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பு அக்கணத்தில் மேற் சொன்ன இரு கூறுகளின் மதிப்புகளின் வெக்டர் கூட்டுத்

தொகைக்குச் சமம்; மற்றும் மின்னோட்டத்தைவிட முன் பிறை யுடையது. இந்த முன்பிறை θ எனக் கொண்டால் மின்னழுத்தத் திற்கான சமன்பாடு

$$e = E_m \sin(\omega t + \theta) \qquad \ldots (2.10)$$

ஆகும். மின்னழுத்தத்தின் பெரும மதிப்பு E_m ஆகும். இந்தத் தொடர்புகளை விளக்கும் படம் (2.2)-ல் காணப்படுகின்றது.



படம் 2.2

மின்நிலைமமும் மின்தடையும் தொடராகவுள்ள AC சுற்று

இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தினைவிட அதனுலான மின் னோட்டத்தின் பின்பிறை (Phase lag)

$$\theta = \tan^{-1}\frac{L\omega}{R} \qquad \ldots (2.11)$$

ஆகும். இச்சுற்றில் மின்தடை சுழியாயின் பின்பிறை 90° ஆகும்.

குணங்கம் ωL நிலைம மின்மறுப்பு (Inductive reactance) எனப் படும்; இதன் இடுகுறி $X_L = \omega L = 2\pi f L$ ... (2.12)

L ஹென்றியிலானல், X_L ஓம்களில் அளக்கப்படும்.

ஒரு AC சுற்றில் இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம், அதனில் உள்ள மின்னோட்டம் இவற்றின் விளைவுறு மதிப்புகளிடையே உள்ள விகிதம் அச்சுற்றின் மின் எதிர்ப்பு (Impedance) எனப்படும். சமன் பாடுகள் (2.9) மற்றும் (2.10)-லிருந்து

$$I_m R \sin\omega t + I_m \omega L \cos\omega t = E_m \sin(\omega t + \theta)$$

$$= E_m [\sin\omega t \cos\theta + \cos\omega t \sin\theta]$$

$\sin\omega t$, $\cos\omega t$ இவற்றின் கெழுக்களை (Coefficients) சமன் பாட்டின் இருபக்கங்களிலிருந்தும் தனித்தனியே ஒப்பிட,

$$I_m R = E_m \cos\theta \qquad \ldots(a)$$

$$I_m \omega L = E_m \sin\theta \qquad (b)$$

(a) மற்றும் (b)-யை இருமடியாக்கிக் கூட்டினால்,

$$I_m^2(R^2 + \omega^2L^2) = E_m^2$$

$$\text{அல்லது } I_m = \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + \omega^2L^2}}$$

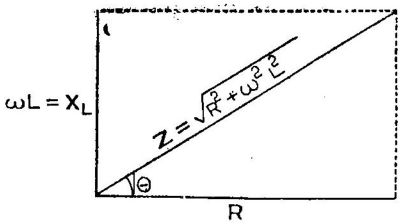
$$\text{அல்லது } I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \omega^2L^2}}$$

$$\text{மற்றும் } \tan\theta = \frac{L\omega}{R} \qquad \ldots(c)$$

எனவே, இச்சுற்றின் மின் எதிர்ப்பு

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{E_m/\sqrt{2}}{I_m/\sqrt{2}} = \sqrt{R^2 + \omega^2L^2} \ldots (2.13)$$

இச் சுற்றில் மின் எதிர்ப்பானது R மற்றும் ωL என்ற இருகூறுகளாலானது. R, ωL ஆகியவை வெக்டர்கள் அல்ல எனினும் அவற்றை வெக்டர்கள் போன்றே கருதி அவற்றின் கூட்டுத் தொகையைக் கணக்கிட வேண்டும்; படம் (2.3) பார்க்க. AC சுற்றுகளில் R மற்றும் ωL இரண்டும். மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்



படம் 2.3

L-R தொடரிணைப்பு AC சுற்றில் மின் எதிர்ப்புக் கணக்கிடல்

படுத்துக்கின்றன; DC சுற்றுகளில் R மட்டுமே மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் என்பதை நினைவிலிருத்துக.

ஒரு குறிப்பு: இப்பகுதியில் சொல்லப்பட்ட மின்தடை R-ல் நிலைமச் சுருளின் மின்தடையும் அடங்கும். ஏனெனில் நிலைமச்சுருளுக்கு மின்நிலைமம் L மட்டுமின்றி ஓரளவிற்கு மின்தடையும் உண்டு. அதுவும் ஒரு மின் கடத்தியால் செய்யப்பட்டதுதானே? நிலைமச் சுருள்

மட்டுமே உள்ள சுற்றுகளில் அதன் மின்தடை மட்டுமே R எனக் கணக்கிலடங்கும். மேலும், சுருளின் நிலைம மின் மறுப்பு $XL = \omega L$ உடன் ஒப்பிட அதன் மின்தடை புறக்கணிக்கக் கூடியதாயின் சுருளுக்கு நிலைம மின் மறுப்பு மட்டுமே உண்டு எனக் கொள்ளலாம் இத்தகையச் சுருளைத் தூய நிலைமச் சுருள் என்று சொல்லலாம்.

2·5 மின்தடையும், மின்தேக்கமும் தொடராக இணைந்த AC சுற்று

தொடராக இணைந்த மின்தடை, மின்தேக்கியின் வழியே மாறு திசை மின்னோட்டம் $i = I_m \sin \omega t$ பாயும்பொழுது இந்த மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தத்தேவையான மின்னழுத்தம்

$$e = iR + \frac{q}{C} \qquad \dots (2.14)$$

ஆகும். இங்கு q = மின்னூட்டம் — கூலூம்களில்.

C = மின்தேக்குதிறன் — ஃபாரட்களில்

ஓர் அலகு நேரத்தில் பாயும் மின்னூட்டமே மின்னோட்டமாதலால்,

$$\frac{dq}{dt} = i \text{ அல்லது } q = \int i dt \qquad \dots (2.15)$$

$$\therefore\ q = \int I_m \sin \omega t dt = -\frac{I_m}{\omega} \cos \omega t$$

இதனைச் சமன்பாடு (2.14)-ல் இட

$$e = I_m R \sin \omega t - \frac{I_m}{\omega C} \cos \omega t \qquad \dots (2.16)$$

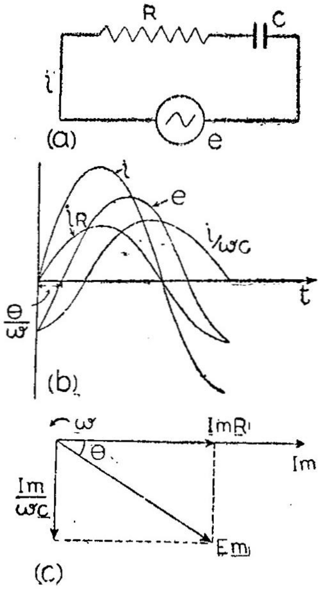
சமன்பாடு (2.9)-ல் இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் இரு கூறுகளாகச் செயல்படுவது போலவே, இங்கும் இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் இரு கூறுகளாகச் செயல்படுவதாகக் கொள்ளலாம்; ஆனால் இங்குக் 'கொசைன்' அடங்கிய கூறு எதிர் ராசியாக உள்ளது.

படம் (2.4) மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் இவற்றிடையே உள்ள பிறை வேடுபாடுகளைக் காட்டுகிறது. இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை விட θ° முன் பிறையான மின்னோட்டத்தை மின்தேக்கி ஏற்படுத்துகிறது. இவ்விளைவு மின்நிலைமத்தால் ஏற்படும் விளைவிற்கு எதிரானது என்பதறிக. இந்த முன்பிறை

$$\theta = \tan^{-1} \frac{1}{R\,\omega C} \qquad \dots (2.\ 7)$$

ஆகும். இச்சுற்றில் மின்தடை சுழியாயின், மின்னழுத்தத்தை

விட மின்னோட்டம் 90° முன்பிறையாகிறது. குணகம் $\frac{1}{\omega C}$ மின்



படம் 2.4

தேக்க மறுப்பு (Capacitive reactance) எனப்படும். இதன் இடுகுறி

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} \quad \ldots (2.18)$$

ஆகும். C-யை ஃபாராட்களில் அளந்தால் X_C ஓம்கள் ஆகும். இச்சுற்றின் மின் எதிர்ப்பைப் பகுதி (2.4)-ல் கணக்கிடுதல் போலவே கணக்கிடலாம்.

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} \quad \ldots (2.19)$$

ஆகும். இதனைச் சமன்பாடு (2.13)-உடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்க.

மின்தேக்கிகளுக்கும் மின்தடை உண்டு எனக் கூறலாம். ஆனால் மின்தேக்கியுடன் பக்க இணைப்பில் உள்ள இந்த மின்தடையின் மதிப்பு ஆயிரக்கணக்கான மெகோம்களில் இருக்கும். எனவே இதன் விளைவு புறக்கணிக்கத் தக்கது.

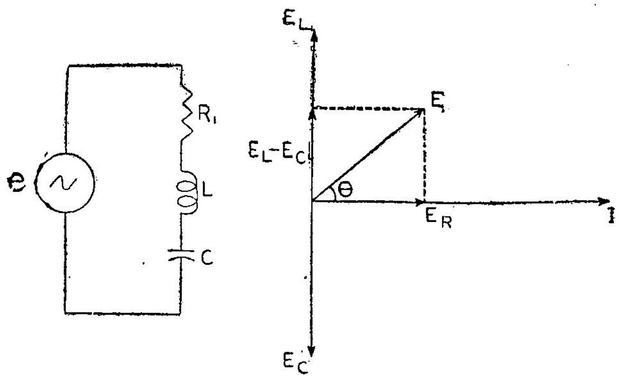
2.6 மின்தடை, மின்நிலைமம், மற்றும் மின்தேக்கி தொடராக உள்ள AC சுற்று (AC Circuit with resistance, inductance and capacitance)

மின்நிலைமம் மின்னோட்டத்தை மின்னழுத்தத்தின் பின்னால் தயங்கச் செய்கிறது; ஆனால் மின்தேக்கம் அதனை மின்னழுத்தத்தின்

முன்னுல் ஓடச் செய்கிறது. இவ்விரண்டும் தொடராக இணைக்கப் பட்டால் ஒன்றையொன்று குறைக்க முயல்கின்றன. எனவே, சுற்றில் மின்மறுப்பு X_L, X_C-யின் வேறுபாடாகும். அஃதாவது $X = X_L - X_C$. ஆகவே, சுற்றின் மின் எதிர்ப்பு

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \ldots (2.20)$$

சுற்றிலுள்ள மொத்த மின்தடை R ஆகும். R-ல் தூய மின்தடை (Pure resistance), நிலைமச் சுருள், மின்தேக்கியின் மின்தடைகள் ஆகியவை அடங்கும்.



படம் 2.5

$R-L-C$ உள்ள தொடரிணைப்பு AC சுற்று.

மின் நிலைமத்தின் முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்தம் இணைக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தைவிட அதிக மதிப்புடையது. அது போலவே மின்தேக்கத்திற்கு ஆகும். X_L மற்றும் X_C இரண்டும் R-உடன் ஒப்பிட மிக அதிகமாயின், நிலைமச் சுருள், மின்தேக்கி இவற்றின் முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்தம் இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை விட மிகவும் அதிகமாகத் தோன்றும். ஆயினும் X_L, X_C, R இவற்றின் முனைகளுக்கிடையே தோன்றும் மின்னழுத் தங்களின் வெக்டர் கூட்டுத்தொகை இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத் தத்திற்குச் சமமாகும். இச்சுற்றின் பிறைகோணம் (Phase angle),

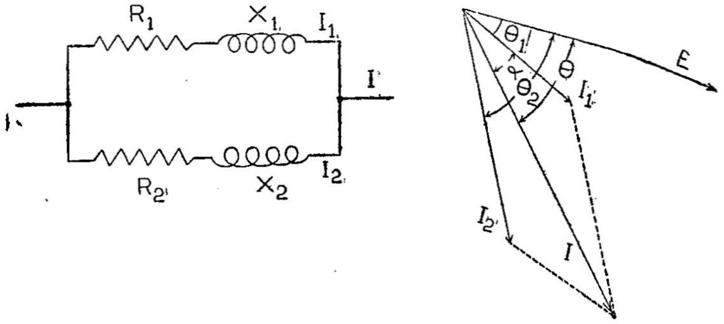
$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R} \quad \ldots (2.21)$$

இச்சுற்றில் X_L பெரியதா, X_C பெரியதா என்பதைப் பொறுத்து மின்னோட்டமானது இணைக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தினும் பின் தங்கியோ, முன்னேடியாகவோ இருக்கும். $(X_L - X)$ -யின் மதிப்புச் சுழியமாயின், மின்னோட்டமும் மின்னழுத்தமும் ஒத்த பிறை யினவாகும், இந்நிலையில் சுற்று இயைவுச் சுற்று (Resonant circuit

எனப் பெயர் பெறும். இதனைப் பற்றி விவரமாக அடுத்த பாடத்தில் கூறப்படும்.

2.7 மின் எதிர்ப்புகள் பக்க இணைப்பாக உள்ள AC சுற்றுகள் (AC Circuit with impedances in parallel)

படம் (2.6)-ல் காண்பதுபோல் மின் எதிர்ப்புகள் பக்க இணைப்பில் இருந்தால், ஒவ்வொரு கிளையிலுமுள்ள மின்னேட்டங்கள்



படம் 2.6

$$I_1 = \frac{E}{\sqrt{R_1^2+X_1^2}} \quad ; \quad \tan\theta_1 = \frac{X_1}{R}$$

$$I_2 = \frac{E}{\sqrt{R_2^2+X_2^2}} \quad ; \quad \tan\theta_2 = \frac{X_2}{R_2}$$

ஆகின்றன. மொத்த மின்னேட்டம் I ஆனது I_1, I_2-இன் வெக்டர் கூட்டுத் தொகை ஆகும்.

$$I = \sqrt{I_1^2+I_2^2+2I_1I^2\cos(\theta_2-\theta_1)} \quad \ldots (2.22)$$

E யிக்கும், I-யிக்கும் உள்ள பிறை வேறுபாடு

$$\theta = \theta_1+a \text{ ஆகும்.}$$

மற்றும் படம் (2.6) -லிருந்து $\cos a = \frac{I_1^2+I^2-I^2}{2\,I_1 I}$.

X_2 ஆனது நிலைம மின்மறுப்பு அல்லாது மின்தேக்க மின்மறுப்பானல் அக்கிளை வழி மின்னேட்டம் மின்னழுத்தத்தை விட முன் பிறையுடையதாகும்; இதனல் I_1, I_2 இடையே உள்ள பிறை வேறுபாடு $(\theta_1+\theta_2)$ ஆகும். எனவே, சமன்பாடு (2.22)-ல் $(\theta_2-\theta_1)$-க்குப் பதிலாக $(\theta_2+\theta_1)$ பயன் படுத்தல் வேண்டும்.

2.8 AC சுற்றுகளில் திறன் (Power in AC circuits)

AC சுற்றுகளில் ஓர் அலைவு நேரத்தில் கிடைக்கும் சராசரித் திறன் மிக முக்கியமானது. ஒரு சுற்றில் செயல்படும் மின்னழுத்தம் அதனினும் θ° பின் பிறையான மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துவதாகக் கொள்வோம். இவற்றிற்கான சமன்பாடுகள்

$$e = E_m \sin \omega t$$

$i = I_m \sin(\omega t - \theta)$ என்பன.

எக்கணத்திலும் திறன்

$$p = E_m I_m \sin \omega t \sin (\omega t - \theta) \quad \ldots (2.23)$$

$$= \frac{E_m I_m}{2} [\cos\theta - \cos(2\omega t - \theta) \quad \ldots (2.24)$$

எனவே, ஓர் அலைவு நேரத்தில் சராசரித் திறன்

$$b = \frac{E_m I_m}{2} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [\cos\theta - \cos(2\omega t - \theta)]\, d(\omega t)$$

$$= \frac{E_m I_m}{2} \cos\theta = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cos\theta$$

$$= EI \cos\theta \quad \ldots (2.25)$$

இங்கு E, I இரண்டும் விளைவுறு மதிப்புகள். $\cos\theta$ என்பதைத் திறன் எண் (Power factor) என்கிறோம். மேலும், $\tan\theta = \frac{X}{R}$.

ஆதலால், $\cos\theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{R}{Z}$ ...(2.26)

EI என்ற பெருக்குத்தொகை தோற்றத் திறன் (Apparent power) எனப்படும். சுற்றில் மின்மறுப்பு X சுழியாயின் EI என்பதே உண்மையில் திறன் ஆகிறது.

மின்மறுப்புகள் மட்டுமே உள்ள சுற்றில் அதாவது மின்தடைகள் இல்லாத சுற்றில், $R = 0$ ஆகும்; எனவே, $\cos\theta = 0$. ஆதலால், அத்தகையச் சுற்றில் எந்த விதத்திலும் மின்சாரத் திறன் செலவாவதில்லை. மின்னாற்றல் செலவாகாமல் மின்னோட்டம் பாய்வதை வாட் இலா மின்னோட்டம் (Wattless current) என்றழைப்பர்.

3. இயைவுச் சுற்றுகள்

(Resonant circuits)

3.1 தொடர் சுற்றில் இயைவு (Resonance in series circuit)

மின்தடை, மின்நிலைமம், மின்தேக்கி இவை மூன்றும் தொடராக இணைக்கப்பட்ட சுற்றில் மின்மறுப்புச் சுழியாயின் அச் சுற்றில் இயைவு ஏற்படுகிறது. இத்தகையச் சுற்றில் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad \dots (3.1)$$

ஆகும். இயைவு ஏற்படும்பொழுது,

$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \text{ அல்லது } \omega^2 LC = 1 \dots (3.2)$$

$$\text{அல்லது } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ அல்லது } fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots (3.3)$$

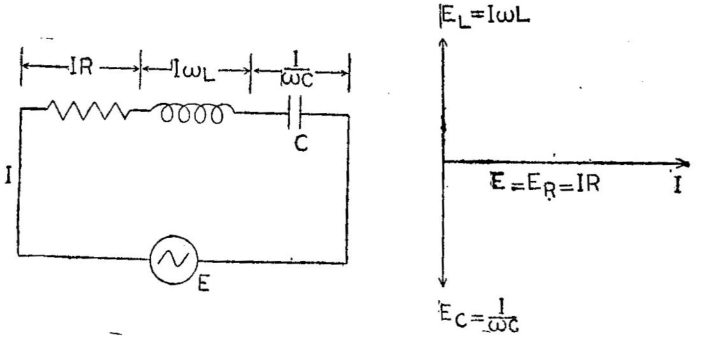
f_r இயைவு அதிர்வெண் (Resonant frequency) ஆகும்.

இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண் மாருமல் இருந்தால் L அல்லது C-யைச் சீரமைத்து இயைவு ஏற்படுத்தலாம் மாருக, L மற்றும் C மாருமலிருந்தால் அதிர்வெண்ணினைச் சீரமைத்து இயைவு ஏற்படுத்தலாம். L மற்றும் C-யின் மதிப்பு எதுவாயினும் இயைவு ஏற்படுத்தும் அதிர்வெண் உண்டு என்பது சமன்பாடு (3.3)-லிருந்து தெரிகிறது. இயைவின்போது, சுற்றின் மின்எதிர்ப்புச் சிறுமமாகும்; மற்றும் அதுவே சுற்றிலுள்ள மின்தடையாகும். இச் சூழ்நிலையில் சுற்றில் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{E}{R} \quad \dots (3.4)$$

தற்பொழுது I பெருமமாகும். மேலும், அது நிலைம மின்மறுப்பு, மற்றும் மின்தேக்க மின்மறுப்பு இவற்றின் மதிப்புகளைப் பொறுத்ததன்று.

மின்நிலைமம், மின்தேக்கி இவற்றின் முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்தங்களின் மதிப்புகள் முறையே $I\omega L$ மற்றும் $\frac{I}{\omega C}$ ஆகும். இந்த இரண்டு மின்னழுத்தங்களும் இயைவின்பொழுது சம மதிப்புடையன; ஆனால் ஒன்றுக்கொன்று 180° பிறைவேறுபாடு உடையன. படம் (3.1)-ஐப் பார்க்க. அதில் இயைவின்



படம் 3.1

தொடரிணைப்புச் சுற்றில் இயைவின்பொழுது மின்னழுத்தங்கள்

பொழுது R, L, C இவற்றின் முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்தங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன. இயைவிருப்பதால், இணைக்கபட்ட மின்னழுத்தம் மின்தடையின் முனைகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த இறக்கத்திற்குச் சமமாகிறது. மற்றும் ωL, $\frac{1}{\omega C}$ இவற்றுடன் ஒப்பிட R மிகக் குறைவாயின், E_L-ம், E_C-யும் E-யை விடப் பன் மடங்கு பெரியனவாக இருக்கக்கூடும். இதனைப் பின் வரும் எடுத்துக்காட்டு விளக்கும்.

படம் (3.1)-ல் $R=10$ ஓம், $L=1$ ஹென்றி, $C=7\mu F$, மற்றும் $E=100$ வோல்ட், $f=60$ ஹெர்ட்சியன் எனக் கொள்க.

எனவே, $\omega L = 2\pi \times 60 \times 1 = 377$ ஓம்;

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \times 60 \times 7 + 10^{-6}} = 377 \text{ ஓம்.}$$

$$\therefore I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{100}{\sqrt{10^2 + (377^2 - 377^2)}}$$

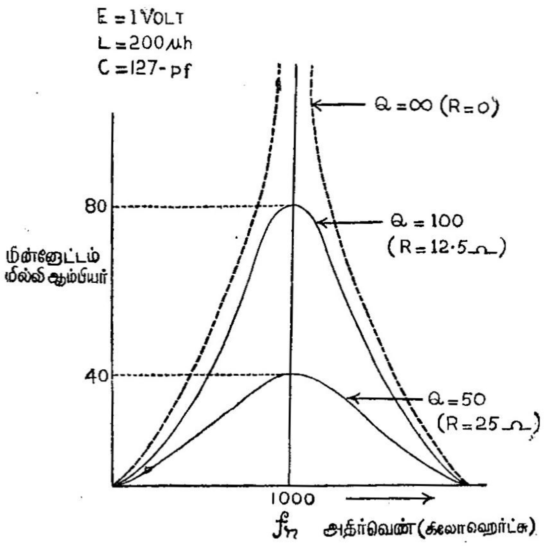
$= 10$ ஆம்பியர்.

$E_R = I_R = 100$ வோல்ட்; $E_L = I\omega L = 3770$ வோல்ட்

$E_C = \frac{I}{\omega C} = 3770$ வோல்ட்.

இந்த உயர்மதிப்பு மின்னழுத்தங்கள் ஒன்றுக்கொன்று எதிராகச் செயல்படுகின்றன.

மின்னழுத்தத்தின் விளைவுறுமதிப்பு மாறாமலிருக்க, அதன் அதிர்வெண் மாறுமானால் மின்னோட்டம் மாறும் தன்மையைப் படம் (3.2) காட்டுகிறது. சுற்றில் $R = 0$ ஆயின், இயைவு அதிர்

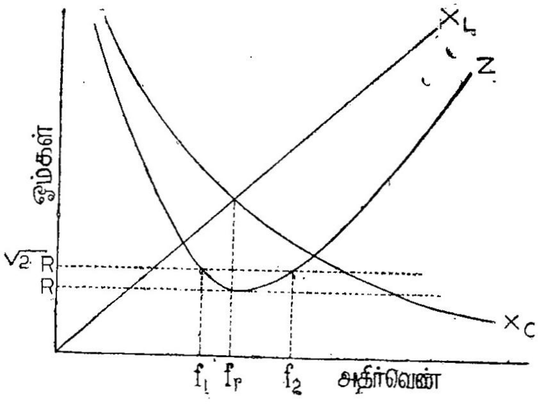


படம் 3.2

தொடர் இணைப்பு இயைவுச் சுற்றில் அதிர்வெண்ணும், மின்னோட்டமும்

வெண்ணுக்கு மின்னோட்டம் ஈறிலியாகும். நடைமுறையில் R சுழியமாகாமல் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்புடையதாகும். எனவே, அதற்கேற்றவாறு இயைவின்பொழுது மின்னோட்டம் உச்ச மதிப்பை அடைகிறது.

படம் (3.3)-ஐக் கவனிக்க. $X_L = \omega L$ ஆதலால் இதன் வரைபடம் ஒரு நேர்க்கோடாகும். $X_C = \frac{1}{\omega C}$ ஆதலால் அதன் வரைபடம் ஓர் அதிபரவளையம் (Hyperbola) ஆகும். இரண்டு வரைகோடுகளும் சந்திக்கும்பொழுது $X_L = X_C$. எனவே, $X = X_L - X = 0$. ஆகவே, இயைவு ஏற்படுகிறது. இந்த வெட்டுப் புள்ளி இயைவினைக் குறிக்கும். மூன்றாவது வரைபடம் $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ என்பதாகும். Z-ன் சிறும மதிப்பு R ஆகும்.



படம் 3.3

தொடர் இணைப்பு இயைவுச் சுற்றில் மின் எதிர்ப்பு.

3.2 இயைவின் கூர்மை (Sharpness of resonance)

இப்பண்பு சுற்றிலுள்ள மின்தடையைப் பொறுத்தது என்பதைப் படம் (3.2)-ல் காணலாம். மின்தடையின் மதிப்பு உயர்கையில் வரைபடம் அகலமாகவும், மின்னோட்டம் குறைவாகவும் அமைகின்றன. அதாவது, மின்தடை அதிகமெனில், இயைவின் மின்னோட்டத்திற்கும், அதன் இருமருங்கிலும் சிறிதே வேறுபட்ட அதிர்வெண்ணில் மின்னோட்டத்திற்கும் வேறுபாடு அதிகமில்லை. ஆகவே, இயைவினின்றும் அதிர்வெண் வேறுபடும்பொழுது மின்னோட்டமும் கணிசமான அளவு வேறுபடல் வேண்டுமானால் மின்தடை குறைவாக இருத்தல் வேண்டும். சுற்றின் இந்தப் பண்பைத் 'தேர்திறன்' (Selectivity) என்கிறோம். இப் பண்பை அளக்க Q எண் (Q factor) உதவுகிறது. ஒரு சுற்றின் நிலைம மின் மறுப்புக்கும், அச் சுற்றின் மின்தடைக்கும் உள்ள விகிதம் Q-எண் ஆகும்.

$$Q = \frac{\omega L}{R} \qquad \ldots (3.5)$$

f_1 மற்றும் f_2 என்ற அதிர்வெண்களில் மின்எதிர்ப்பு $Z = \sqrt{2}\,R$ எனக் கொள்வோம். விகிதம் $f_r/(f_2-f_1)$ இயைவின் கூர்மை எனப்படும்; மற்றும் (f_2-f_1) பட்டை அகலம் (Bandwidth) எனப்படும். இப்பொழுது $f_r/(f_2-f_1) = \frac{\omega L}{R}$ என்று நிறுவுவோம்.

$Z^2 = R^2+(X_L-X_C)^2$ என்றறிவோம். அதிர்வெண் f_2 எனில்

$$Z^2 = (\sqrt{2}\,R)^2 = 2R^2 = R^2+\left(2\pi f_2 L-\frac{1}{2\pi f_2 C}\right)^2 \ldots (3.6)$$

அதுபோன்றே அதிர்வெண் f_1-ல்

$$Z^2 = (\sqrt{2}\,R)^2 = 2R^2\ R^2$$

$$+ \left(2\pi f_1 L - \frac{1}{2\pi f_1 C}\right)^2 \qquad \ldots (3.7)$$

எனவே, சமன்பாடு (3.6)-லிருந்து

$$R = 2\pi f^2 L - \frac{1}{2\pi f_2 C} \qquad \ldots (3.8)$$

மற்றும் (3.7)-லிருந்து $R = -\left(2\pi f_1 L - \dfrac{1}{2\pi f_1 C}\right) \ldots (3.9)$

அதிர்வெண் f_1-ல் $2\pi f_1 L < \dfrac{1}{2\pi f_1 C}$ ஆதலின் (3.9)-ல் எதிரான இருமடி மூலம் பெறப்படுகிறது. சமன்பாடு (3.8)-லிருந்து (3.9)-ஐக் கழிக்க,

$$2\pi L\,(f_1 + f_2) - \frac{1}{2\pi C}\left(\frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_1}\right) = 0$$

$$4\pi^2 LC = \frac{1}{f_1 f_2}$$

அல்லது $\quad f_r = \sqrt{f_1 f_2} \qquad \ldots (3.10)$

எனவே, f_1, f_2-இன் பெருக்கற் சராசரி (Geometric mean) f_r ஆகிறது. ஆனால் $(f_2 - f_1)$ மிகச் சிறிய மதிப்புடையதாதலால் $f_r = \sqrt{f_1 f_2} = \dfrac{f_1 + f_2}{2}$ என்றே யெழுதலாம். எனவே, f_r-ஐப் பட்டை அகலத்தின் மையம் எனக் கொள்ளலாம். இப்பொழுது சமன்பாடுகள் (3.8), (3.9)-ஐக் கூட்ட,

$$2\,R = 2\pi L\,(f_2 - f_1) - \frac{1}{2\pi C}\left(\frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_1}\right) \ldots (3.11)$$

இதனை f_r-ஆல் பெருக்கிச் சமன்பாடு (3.10)-ஐப் பயன்படுத்தி

$$2f_r R = 2\pi f_r L\,(f_2 - f_1) - \frac{f_r^2}{2\pi f_r C}\left(\frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_1}\right)$$

மேலும், $\quad f_r^2 = \dfrac{1}{4\pi^2 LC}$ ஆதலால்,

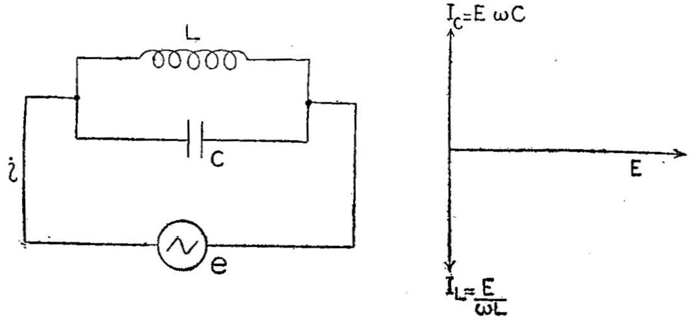
$$2f_r R = 2\pi f_r L\,[(f^2 - f_1) - (f_1 - f_2]$$
$$= 4\pi f_r L(f_2 - f_1).$$

எனவே, இயைவின் கூர்மை $= \dfrac{f_r}{f_2 - f_1} = \dfrac{2\pi f_r L}{R} = \dfrac{\omega L}{R} \ldots (3.12)$

இதுவே சுற்றின் Q-எண் ஆகும். மின்தடை முழுவதும் சுருளிலேயே இருந்தால் இயைவின் கூர்மை இயைவின்பொழுது சுருளின் Q எண்ணுக்குச் சமம்.

Q-வின் மதிப்பு உயர்வாயின், சுற்றில் இயைவின் கூர்மையும் அதிகம். இயைவின் கூர்மை L/C விகிதத்தையும் பொறுத்தது. மின்தடை மாருமலிருக்க L/C விகிதம் அதிகரித்தால் Q -வின் மதிப்பும் உயரும் என்பது சமன்பாடு (3.5)-லிருந்து தெளிவாகும். Q மாருமல் L/C விகிதம் உயர்ந்தால் அது கூர்மையை மாற்றுது.

3.3 பக்க இணைப்புச் சுற்றில் இயைவு (Resonance in paralle circuit)



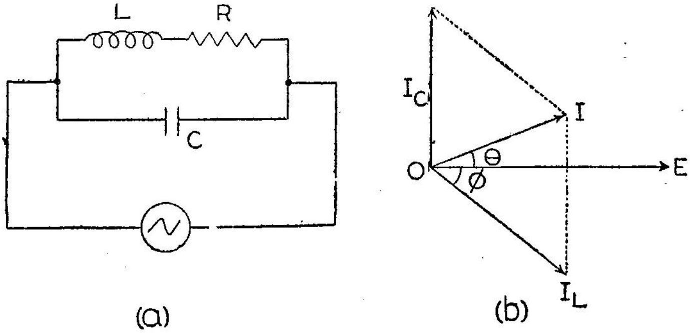
படம் 3.4

பக்க இணைப்பு இயைவுச் சுற்றும், அதனில் மின்னேட்டமும்

படம் (3.4)-ல் காட்டிய சுற்றில் மின் நிலைமமும் மின்தேக்கியும் பக்க இணைப்பில் உள்ளன. அவற்றின் முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்தம் E இணைக்கப்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் L, C இரண்டிற்கும் பொதுவானது. மின்தேக்கி வழியாக மின்னேட்டம் $I_C = \frac{E}{X_C} = E\omega C$. இது E-யை விட 90° முன் பிறையானது. மின்நிலைமத்தின் வழியாக மின்னேட்டம் $I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{E}{\omega L}$. இது E-யிக்கு 90° பின் பிறையானது. எனவே, சுற்றிலுள்ள மின்னேட்டம்.

$I = I_C - I_L = E\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$. இது E-யை விட 90° முன் பிறையாகும். $\omega C = \frac{1}{\omega L}$ ஆயின் $I = 0$. இப்பொழுது சுற்றில்

இயைவு ஏற்படுகிறது. இயைவு அதிர்வெண் $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. மற்றும் இயைவின்பொழுது மின் எதிர்ப்பு ஈறிலியாகும். இயைவின் பொழுது மின்தேக்கி, மின்நிலைமம் இரண்டிலும் தனித்தனியே மின்னோட்டம் உண்டு; ஆனால் மூலத்திலிருந்து மின்னோட்டம் இல்லை. இது புதிர் போலத் தோன்றலாம். ஆனால் தொடக்கத்தில் தன்னிடம் தேங்கிய ஆற்றலைக் கொண்டு மின்தேக்கியானது நிலைமச் சுருள் வழியே மாறிமாறி மின்னேற்றமும் மின்னிறக்கமும் செய்கிறது. சுருளிலோ மின்தேக்கியிலோ மின்தடையில்லாததால் ஆற்றல் செலவாகவில்லை.



படம் 3.5

மின்தடையும் உள்ள பக்க இணைப்பு இயைவுச் சுற்று

பொதுவாகவே, மின்தடையில்லாத நிலைமச்சுருள் அரிதாம்; ஆனால், மின்தேக்கியின் மின்தடையைப் புறக்கணிக்கலாம். எனவே, இச்சூழலில், மின்தேக்கி வழியே மின்னோட்டம் $I_C = E\omega C$. இது E-யை விட 90° முன்பிறையாகும். மின் நிலைமம் வழியே மின்னோட்டம். $I_L = E/\sqrt{R_2+\omega^2 L^2}$. இது E-யைவிட $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right)$ பின் பிறையானது. படம் (3.5) காண்க.

மின்னழுத்தமும் மின்னோட்டமும் ஒத்த பிறையினவாகும் பொழுது சுற்றில் இயைவு ஏற்படுகிறது. அப்பொழுது திறன் எண்ணும் (Power factor) ஒன்று ஆகும்; அதாவது $\cos\theta = 1$. படம் (3.5b)-யில் E வெக்டருக்கு நேர்க்குத்தாக I வெக்டர் கூறு இல்லாமல் இருக்கும்பொழுதுதான் — அதாவது $I_C = I_L \sin\phi$ ஆகும்பொழுது தான் இயைவு ஏற்படும்.

$$I_C = I_L \sin\phi.$$

$$E\omega C = \frac{E}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}} \cdot \frac{\omega L}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}$$

$$C\ (R^2+\omega^2L^2) = L \quad \text{அல்லது}\ \omega^2 = \frac{L-CR^2}{CL^2}$$

$$\text{அல்லது}\quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{\frac{LC-R^2}{L}} \qquad \ldots (3.13)$$

எனவே, தற்பொழுது இயைவு அதிர்வெண்

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\sqrt{1-\frac{CR}{L}} \qquad \ldots (3.14)$$

எனவே, மின்தடை அதிகமாகவுள்ள சுற்றின் இயைவு அதிர்வெண் மின்தடையையும் சார்ந்துள்ளது என்றறியலாம்.

இயைவின் மின்னோட்டம் $= I_L \cos\phi$

$$= \frac{E}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}} \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}} = \frac{ER}{R^2+\omega^2L^2} \qquad \ldots (3.15)$$

இயைவின் மின்எதிர்ப்பு $Z = \dfrac{E}{I_L \cos\phi} = \dfrac{R^2+\omega^2L^2}{R}$

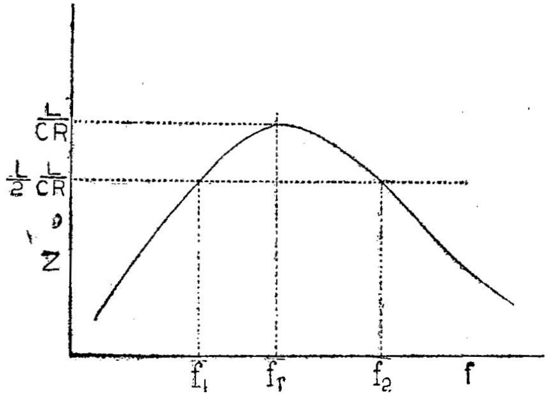
சமன்பாடு (3.13)-ஐப் பயன்படுத்த

$$Z = \frac{R^2+L^2\left(\frac{L-CR}{CL^2}\right)}{R} = \frac{L}{CR} \qquad \ldots (3.16)$$

பக்க இணைப்புச் சுற்றில் திறன் எண் ஒன்று எனக் கொண்டு சமன்பாடு (3.13) பெறப்பட்டது. சுற்றில் உள்ள மின்தேக்கம், மின்நிலைமம் அதிர்வெண் இவற்றில் எதுமாறினாலும் இக் கூற்று உண்மையாகும். இவ்வகையில் ஏற்பட்ட இயைவின்பொழுது சுற்றிலுள்ள மின்எதிர்ப்பு $\frac{L}{CR}$ எனக் கண்டோம். ஆனால் சுற்றில் மின் நிலைமத்தை அல்லது அதிர்வெண்ணைச் சீரமைத்துப் பெரும மின் எதிர்ப்பு ஏற்படுத்தினால், அப்பொழுது திறன் எண் ஒன்றுக்குச் சமமாகாது என நிறுவலாம். C-யைச் சீரமைப்பதால் இயைவு ஏற்படும்பொழுது மட்டுமே பெரும மின்எதிர்ப்பும், திறன் எண் ஒன்றும் ஒருங்கே பெறப்படுகின்றன. எனவேதான் பின்னால் படிக்கவிருக்கும் அலையியற்றிச் சுற்றுகளில் (Oscillatory circuits) இயைவு செய்யும்பொழுது C-யைச் சீரமைக்கிறோம்.

3.4 பக்க இணைப்புச் சுற்றில் இயைவின் கூர்மை (Sharpness of resonance in parallel circuits.)

தொடர் இணைப்புச் சுற்றைப் போலவே இதிலும் இயைவின் கூர்மையை வரையறுக்கலாம். படம் (3.6) காண்க.



படம் 3.6

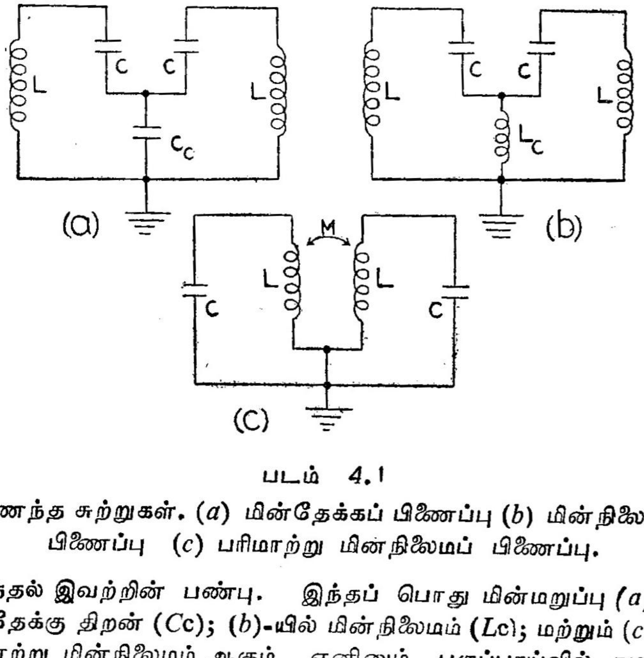
பக்க இணைப்புச் சுற்றில் இயைவின் கூர்மை

இயைவின்பொழுது மின்எதிர்ப்பின் மதிப்பில் $\frac{1}{\sqrt{2}}$ பங்குக்குச் சமமாக மின்எதிர்ப்பு ஏற்படுத்தும் அதிர்வெண்கள் f_1 மற்றும் f_2 ஆகட்டும். எனவே, பட்டை அகலம் (f_2-f_1) ஆகும். இயைவின் கூர்மை முன்போலவே $f_r/(f_2-f_1)$ ஆகும்.

4· பிணைந்த சுற்றுகள்
(Coupled circuits)

4.1 பிணைந்த சுற்றுகள்

எலெக்ட்ரானியல் சுற்றுகளில் ஓர் இயைவுச் சுற்றிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு மின்னாற்றலைப் புகுத்த பலவகையான பிணைப்புகள் பயன்படுகின்றன. அவற்றில் சில படம் (4.1)-ல் காணப்படு கின்றன. ஒரு மின்மறுப்பு இரண்டு சுற்றுகளுக்கும் பொதுவாக



படம் 4.1

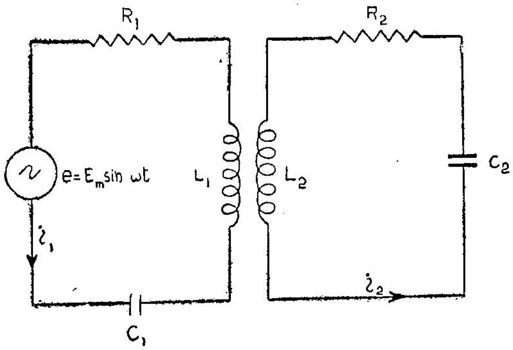
பிணைந்த சுற்றுகள். (*a*) மின்தேக்கப் பிணைப்பு (*b*) மின்நிலைமப் பிணைப்பு (*c*) பரிமாற்று மின்நிலைமப் பிணைப்பு.

இருத்தல் இவற்றின் பண்பு. இந்தப் பொது மின்மறுப்பு (*a*)-யில் மின்தேக்கு திறன் (*C*c); (*b*)-யில் மின்நிலைமம் (*L*c); மற்றும் (*c*)-யில் பரிமாற்று மின்நிலைமம் ஆகும். எனினும், பகுப்பாய்வில் நமக்குத் தேவையானது இந்தப் பொதுவான மின்மறுப்பின் அளவுதானே

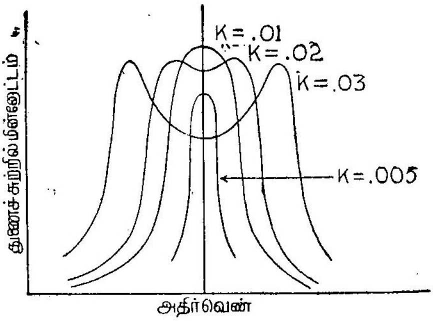
யன்றி,அஃது எவ்வகையானது என்பது அன்று. பழக்கத்தில் பெரும் பாலும் மூன்ருவது வகையே பயன்படுகிறது. ஏனெனில் தனியாக ஓர் உறுப்புத் தேவைப்படுவதில்லை.மற்றும் இரண்டு சுருள்களுக்கும் இடையே உள்ள தொலைவை மாற்றுவதால் பிணைந்த மின்மறுப்பின் அளவை எளிதில் மாற்றலாம்.

4.2 மாறுநிலைப் பிணைப்பு மற்றும் பட்டை செலுத்தல் (Critical coupling and band pass)

படம் (4.2)-ல் காண்பதுபோல் இரண்டு *L-C-R* தொடர் சுற்றுகள் பரிமாற்று மின்நிலைமம் *M* வழியே பிணைந்துள்ளது.



(a)



(b)

படம் 4.2

பிணைந்த சுற்றுகள்:

முதன்மைச் சுற்றில் (Primary circuit) செலுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசையின் கணமதிப்பு $e = E_m \sin \omega t$ எனக் கொள்வோம். முதன்மைச் சுற்றில் L_1, C_1, மற்றும் R_1 தொடராக வுள்ளன; துணைச்சுற்றில் (Secondary circuit) L_2, C_2, R_2 தொடராக உள.

முதன்மைச் சுற்றின் மின்னியக்கு விசைக்கான சமன்பாட்டைப் பல்கூட்டு எண்ணைப் பயன்படுத்திப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$i_1 R_1 + j i_1 X_1 + j\omega M i_2 = e \quad \text{... (4.1)}$$

ஆகும். இங்கு

i_1 = முதன்மைச் சுற்றில் மின்னோட்டம்

$X_1 = \omega L_1 - \dfrac{1}{\omega C_1}$ = முதன்மைச் சுற்றின் மின்மறுப்பு.

i_2 = துணைச் சுற்றில் மின்னோட்டம்,

துணைச் சுற்றுக்கான சமன்பாடு

$$i_2 R_2 + j i_2 X_2 + j\omega M i_1 = 0 \quad \text{... (4.2)}$$

இங்கு $X_2 = \omega L_2 - \dfrac{1}{\omega C_2}$ = துணைச் சுற்றின் மின் மறுப்பு ஆகும்.

சமன்பாடு (14.2)-லிருந்து,

$$i_2 = \frac{-j\omega M i_1}{R + jX_2} = \frac{-i\omega M i_1}{Z_2} \quad \text{... (4.3)}$$

இங்கு Z_2 = துணைச்சுற்றின் மின் எதிர்ப்பு (அது முதன்மைச் சுற்றுடன் பிணையாதபொழுது) ஆகும்.

சமன்பாடு (4.3) தருகின்ற i_2-ன் மதிப்பைச் சமன்பாடு (4.1)-ல் இட

$$e = i_1 R_1 + i i_1 X_1 + \frac{\omega^2 M i_1}{Z_2} \quad \text{... (4.4)}$$

தற்பொழுது முதன்மைச் சுற்றின் விளைவுறு மின் எதிர்ப்பு (Effective primary impedance) = Z'_1 எனக் கொள்வோம்.

$$\therefore Z'_1 = \frac{e}{i_1} = R_1 + jX_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_2 + jX_2} \quad \text{... (4.5)}$$

ஆனால், $\dfrac{\omega^2 M^2}{R_2 + jX_2} = \dfrac{\omega^2 M^2 (R_2 - iX_2)}{R_2^2 + X_2^2} = \dfrac{\omega^2 M^2}{Z_2^2}(R_2 - jX_2)$.

எனவே, சமன்பாடு (4.5)-ஐப் பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$Z'_1 = R_1 + jX_1 + \frac{\omega^2 M^2}{Z_2^2}(R_2 - jX_2) \quad \text{... (4.6)}$$

சமன்பாடு (4.6)இன் மெய்ப்பகுதிகளை ஒப்பிட,

$$R'_1 = R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{Z_2^2} R_2 \quad \text{... (4.7)}$$

இதனின்றும் பிணைந்த துணைச் சுற்றின் காரணமாக முதன்மைச் சுற்றின் விளைவுறு மின்தடை $\dfrac{\omega^2 M^2}{Z_2^2} R_2$ என்ற அளவு அதி

எனத் தெரிகிறது. மேலும், சமன்பாடு (4.6)-ன் கற்பனைப் பகுதிகளினின்றும்

$$X'_1 = X_1 - \frac{\omega^2 M^2}{Z_2^2} X_2 \quad \dots (4.8)$$

எனவே, பிணைப்பின் காரணமாக முதன்மைச் சுற்றின் மின்மறுப்பு $\frac{\omega_2 M_2}{Z_2^2} X_2$ அளவு குறைகிறது.

முதன்மையச் சுற்றிலிருந்து துணைச் சுற்றிற்கு ஊட்டப்படும் மின்னாற்றல் பெருமமாயின், சுற்றுகளிடையே மாறுநிலைப் பிணைப்பு (Critical coupling) உள்ளது எனப்படும். சமன்பாடு (4.5)-லிருந்து i_1-இன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டு அதனைச் சமன்பாடு (4.3)-ல் இட

$$i_2 = \frac{-j\omega M}{R_2 + jX_2} \left\{ \frac{e}{R_2 + jX_1 + \left[\frac{\omega^2 M^2}{R_2 + jX_2} \right]} \right\}.$$

இரண்டு சுற்றுகளும் ஒரே அதிர்வெண்ணுக்கு இயைவு செய்யப்பட்டதாகக் கொண்டால் $X_1 = 0$; $X_2 = 0$ ஆகும்.

$$\therefore i_2 = \frac{-j\omega Me}{R_2\left(R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_2}\right)} \quad \dots (4.9)$$

இதன் மெய் மதிப்பு (Absolute value) $= \left| i_2 \right| = \frac{\omega Me}{R_1 R_2 + \omega^2 M^2} \dots (4.10)$

துணைச் சுற்றிற்கு ஊட்டப்படும் ஆற்றல் பெருமமாக வேண்டுமானால் அச் சுற்றில் தூண்டப்படும் மின்னோட்டம் i_2 பெருமமாக வேண்டும். சமன்பாடு (4.10)-ல் கண்ட i_2-இன் மதிப்புப் பெருமமாக வேண்டுமானால் அதன் பகுதி (Denominator) சிறுமம் ஆக வேண்டும். அஃதாவது $\omega^2 M^2 = R_1 R_2$ ஆகும்.

$$\text{அல்லது} \quad \omega M = \sqrt{R_1 R_2} \quad \dots (4.11)$$

இயைவுச் சுற்றுகளின் மாறுநிலைப் பிணைப்பிற்கான (Critical coupling of tuned circuits) பரிமாற்று மின்நிலைமத்தின் மதிப்பைச் சமன்பாடு (4,11) தருகிறது.

முதன்மைச் சுற்றில் செலுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசையின் அதிர்வெண்ணை மாற்றும்பொழுது முதன்மை மற்றும் துணைச்சுற்றுகளில் ஏற்படும் மின்னோட்ட மாற்றங்களைக் கவனித்தால் இந்தப்

பிணைந்த சுற்று இரட்டைத் திமில் (Double hump) பண்புடையது எனத் தெரியும். முதன்மை அல்லது துணைச் சுற்றின் இயைவு அதிர்வெண்ணில் மின்னோட்டம் பெருமமாகாமல், இந்த அதிர் வெண்ணினின்றும் வேறுபட்ட ஒன்றில் பெருமமாவதும் விளங்கும். இந்த வேறுபாடு M-இன் மதிப்பைப் பொறுத்தது.

சுற்றில் மின்மறுப்புச் சுழியாகும்பொழுது இயைவு ஏற்படு மன்றோ? பிணைந்த சுற்றுகள் இரண்டும் சமமான L மற்றும் C மதிப்புகள் உடையன எனக் கொள்வோம். மேலும், $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ எனக் கொள்வோம். எனவே, முதன்மைச் சுற்றில் மின் மறுப்புச் சுழியானால்

$$j\omega L i_1 + \frac{i_1}{j\omega C} + j\omega M i_2 = 0 \qquad \ldots (41.2)$$

துணைச் சுற்றில்

$$j\omega L i_2 + \frac{i_2}{j\omega C} + j\omega M i_1 = 0 \qquad \ldots (4.13)$$

சமன்பாடுகள் (4.12) -ஐயும்- (4.13)-ஐயும் $j\omega C$-யால் பெருக்க,

$$i_1 (1 - \omega^2 LC) - \omega^2 MC\, i_2 = 0 \qquad \ldots (4.14)$$

மற்றும் $$i_2 (1 - \omega^2 LC) - \omega^2 MC\, i_1 = 0 \qquad \ldots (4.15)$$

சமன்பாடு (4.14)-னின்றும் $i_1 = \frac{\omega^2 MC\, i_2}{1 - \omega^2 LC}$.

இதனைச் சமன்பாடு (4.15)-ல் இட

$$i_2 (1 - \omega^2 LC) - \frac{i_2\, \omega^4 M^2 C^2}{1 - \omega^2 LC} = 0.$$

மேலும், $LC = \frac{1}{\omega_0^2}$ என்பதால்,

$$\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 = \omega^4 M^2 C^2 \qquad \ldots (4.16)$$

$M = k\sqrt{L_1 L_2}$ என்றறிவோம். எனவே, $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$.

பிணைந்த இயைவுச் சுற்றில் $L_1 = L_2 = L$ ஆதலால் சமன்பாடு (4.16)-ல்

$$\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 = \omega^4 k^2 L^2 C^2 = \frac{\omega^4 k}{\omega_0^4} \qquad \ldots (4.17)$$

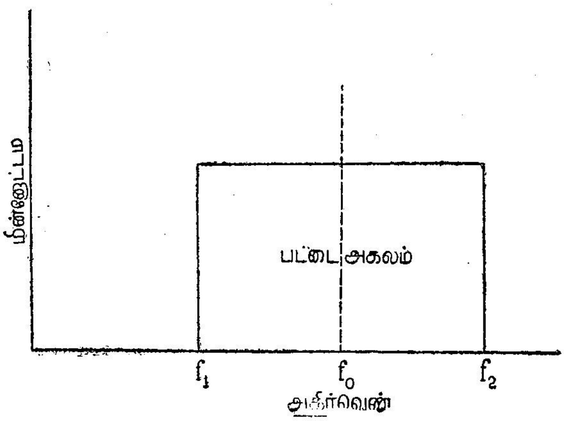
$$\therefore \quad 1 - \frac{\omega^2}{\omega_o^2} = \pm \frac{\omega^2 k}{\omega_o^2}$$

அல்லது $\frac{\omega^2}{\omega_o^2}(1 \pm k) = 1$

$$\therefore \omega = \frac{\omega_o}{\sqrt{1 \pm k}} \qquad \dots (4.18)$$

எனவே, பிணைந்த சுற்று இரண்டு அதிர்வெண்களுக்கு இயை கிறது. அவையாவன: $f_1 = \frac{f_o}{\sqrt{1+k}}$; $f_2 = \frac{f_o}{\sqrt{1-k}}$.

படம் (4.3) ல்கண்டபடி பிணைந்த சுற்றுத் தன் வழியே அனுமதிக்கும் அதிர்வெண் பட்டையின் அகலம் (Band width)



படம் 4.3

பட்டை அகலம்.

$$\Delta f = f_o \left(\frac{1}{\sqrt{1-k}} - \frac{1}{\sqrt{1+k}} \right)$$

$$= f_o [(1-k)^{-\frac{1}{2}} - (1+k)^{-\frac{1}{2}}]$$

$$= f_o [1 + \tfrac{1}{2}k - 1 + \tfrac{1}{2}k]$$

$$f \Delta = kf_o \qquad \dots (4.19)$$

பரிமாற்று மின் நிலைமத்தின் மாறுநிலை மதிப்பைச் சமன்பாடு (4.11) தருகிறது. இயைவு அதிர்வெண் f_o உடைய பிணைந்த

சுற்றுகளுக்கு மாறுநிலைப் பிணைப்பெண் $k_c = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$-ஐப் பின் வருமாறு கணக்கிடலாம். $L_1 = L_2 = L$ ஆதலால்,

$$k_c = \frac{M}{L} = \frac{\sqrt{R_1 R_2}}{\omega L} = \sqrt{\frac{R_1 R_2}{\omega^2 L^2}} = \sqrt{\frac{R_1}{\omega L} \cdot \frac{R_2}{\omega L}} = \frac{1}{Q_1 Q_2}$$

என்ருகும்.

4.3 பிணைந்த சுற்றின் பண்புகள்

பிணைப்பெண் மாறுநிலை மதிப்பை யடையும்பொழுது துணைச் சுற்றில் மின்னேட்டம் பெருமமாகிறது எனக் கண்டோம். மேலும், படம் (4.2b)-யில் மாறுநிலைப் பிணைப்பெண் $k_c = 0{\cdot}01$. இதற்கான வரைகோட்டின் முகடு ஏறத்தாழ மட்டமாக இருப்பதைக் காண்க. இதனுல் f_o-ஐ மையமாகக் கொண்ட குறுகிய அதிர்வெண்பட்டைக்கு இச்சுற்று நன்கு பயன் தருகிறது. k-யின் மதிப்பு k_c-யை விடக் கூடுதலாயின், வரைபடத்தில் இரண்டு திமில்கள் தோன்றுகின்றன. ஆனுலும் $(k - k_c)$ என்ற வேறுபாடு குறைவாயின் வரைகோட்டின் முகடு அகலமாகிறது. அதனுடன் சிறிது குழிவும் தென்படுகிறது. மேலும், k அதிகரிக்குமானுல், பட்டை அகலமாக ஆனுலும் குழிவு அதிகமாவதால் பயன் குறைகிறது. பிணைப்பெண் k_c-யை விடக் குறைவானுல் $(k < k_c)$ துணைச் சுற்றில் மின்னேட்டம் குறைவதுடன் இயைவின் கூர்மையும் அதிகமாகிறது. ஆகையால் குறிப்பிட்ட இயைவு அதிர்வெண்ணுக்கு மட்டுமே பயன் தரும்; அகலமான பட்டையில் பயன் தரவில்லை.

5. வடிச் சுற்றுகள்

(Filter Circuits)

5.1 நேர் மின்னேட்டத்தின் மீதுற்ற மாறுதிசை மின்னேட்டத்தை மட்டும் தனியே பிரிப்பதற்கும், குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் உள்ள மாறுதிசை மின்னேட்டத்தை இந்த நெடுக்கத்திற்கு அப்பாற்பட்ட அதிர்வெண்களுடையனவற்றிலிருந்து பிரிப்பதற்கும் பயன்படும் சுற்றுகள் வடிச் சுற்றுகள் எனப்படுகின்றன. தேவையான அதிர்வெண்களுடைய மாறுதிசை மின்னேட்டத்திற்குக் குறைவான மின் எதிர்ப்பையும், மற்ற அதிர்வெண்களுடையனவற்றிற்கு அதிகமான மின் எதிர்ப்பையும் இச்சுற்றுகள் கொடுப்பதனுல் தேவையான பலன் கிடைக்கிறது. இயைவுச் சுற்றுக்களை விட அதிக அளவில் சீராகவும், மற்றும் அதிகமான அதிர்வெண் நெடுக்கத்திலும் இச்சுற்றுகள் பலனளிக்கின்றன.

வடிச் சுற்றுகள், அவற்றின் தேர்திறனைப் பொறுத்துப் பின்வரு மாறு வகைப்படுகின்றன.

(1) குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் f_c-யிக்கும் குறைவான எல்லா அதிர்வெண்களுடைய மாறுதிசை மின்னேட்டத்தை அனுமதித்து, f_c-யை விட அதிகமானவற்றைத் தடுத்து நிறுத்திவிடுவது குறை வடிச் சுற்று (Low pass filter) எனப்படும். f_c-யை வரம்பு அதிர்வெண் (Cut off frequency) என்கிறோம்.

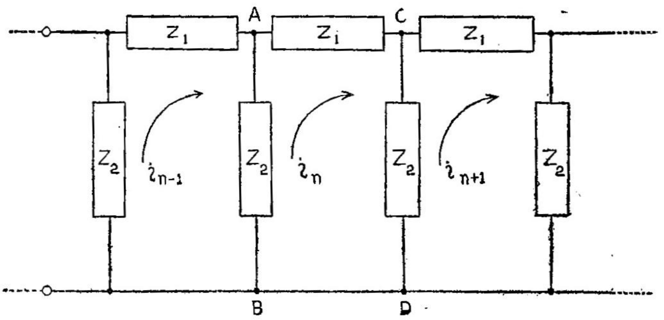
(2) வரம்பு அதிர்வெண்ணுக்கும் அதிகமான அதிர்வெண்களை மட்டும் அனுமதித்து, அதைவிடக் குறைவானவற்றைத் தடுப்பது **நிறை வடிச் சுற்று (High pass filter)** எனப்படும்.

(3) இரண்டு வரம்புகளுக்கிடையேயான அதிர்வெண்களை மட்டுமே அனுமதித்து இவ்வரம்புகளுக்கு மேலும் கீழுமானவற்றை நிறுத்துவது பட்டை செலுத்தும் வடிச் சுற்று **(Band pass filter)** எனப்படும்.

(4) குறிப்பிட்ட இரண்டு வரம்புகளுக்கிடையேயான அதிர் வெண்களைத் தடுத்து, அவ்வரம்புகளுக்கு மேலும் கீழுமான அதிர் வெண்களை அனுமதிப்பது பட்டை நிறுத்தும் வடிச் சுற்று (**Band stop filter**) எனப்படும்.

5.2 வடிச் சுற்றுகளின் கொள்கை விளக்கம் (Theory of filters)

மின் எதிர்ப்பு Z_1 தொடராகவும், Z_2 பக்கமாகவும் இணைக்கப் பட்ட கணுக்களைச் சங்கிலித் தொடர்போல இணைத்த சுற்று வடிச்



படம் 5.1

வடிச் சுற்றுகளின் சங்கிலி

சுற்று ஆகிறது. Z_1, Z_2 என்பன மின்நிலைமங்களாகவோ, மின்தேக்கி களாகவோ, இவை இரண்டும் கலந்தனவாகவோ இருக்கலாம்.

ஒத்த தன்மை வாய்ந்த கணுக்கள் இணைந்த, ஈறிலியான சங் கிலித் தொடர் படம் 5.1-ல் காணப்படுகிறது. மின் இயற்றி ஒன்று சங்கிலியின் ஆரம்பத்தில் இணைக்கப்பட்டால் ஒவ்வொரு கணுவிலும் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. அடுத்தடுத்த கணுக்களில் மின்னோட் டங்கள் முறையே i_{n-1}, i_n, i_{n+1} எனக் கொள்க. ஒரு கணுவில் புகும் மின்னோட்டத்திற்கும், அதைவிட்டு வெளியேறும் மின் னோட்டத்திற்கும் உள்ள வெக்டர் விகிதத்தின் இயற்கை லாகரித்தம் (Natural logarithm), பரப்பல் மாறிலி (Propagation constant) எனப்படும். அஃதாவது,

$$l_n \frac{i_n}{i_{n+1}} = p = \text{பரப்பல் மாறிலி};$$

அல்லது $i_{n+1} = i_n \Sigma^{-p}$. இங்கு $p = \alpha + j\beta$ ஆகும்.

α-வை மெலித்தல் மாறிலி (Attennation constant) என்றும், β-வைப் பிறை மாறிலி (Phase constant) என்றும் கூறுவர். மேலும் வடிச்சுற்றில் பாய்கின்ற மின்னோட்டத்தை நேரம் சார்ந்த ராசியாக

எழுதலாம். மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் $f = \omega/2\pi$ எனில், n-ஆவது கணுவில் மின்னோட்டம் $i_n = I_n \varepsilon^{j\omega t}$ (ஈண்டு, I_n = மின்னோட்டத்தின் உச்ச மதிப்பு $(n+m)$-ஆவது கணுவில் மின்னோட்டம் $i_{n+m} = I_n \varepsilon^{j\omega t} (\varepsilon^{-p})^m = I_n \varepsilon^{(j\omega t - pm)}$. $p = \alpha + j\beta$-வில் α சுழியானால் மின்னோட்டம் மெலியாமல் பாயும்; மாறாக β சுழியானால் மின்னோட்டத்தின் பிறை மாறாது. நிற்க.

n-ஆவது கணுவிற்குக் கிர்க்காஃப் விதியைப் பயன்படுத்தினால்

$$Z_2(i_n - i_{n-1}) + Z_1 i_n + Z_2(i_n - i_{n+1}) = 0$$

அல்லது $- Z_2 i_{n-1} + (Z_1 + 2 Z_2)\, i_n - Z_2 i_{n+1} = 0 \quad \ldots (5.1)$

ஈறிலியான சங்கிலியில் கணுக்களிடையே வேறுபடுத்தல் இயலாது. எனவே, $a = \varepsilon^{p}$ எனக் கொண்டு $i_n = a\, i_{n+1}$; மற்றும் $a\, i_n = i_{n-1}$ என எழுதலாம். ஆதலால் சமன்பாடு (5.1) பின்வருமாறு மாறும்.

$$- Z_2 a\, i_n + (Z_1 + 2 Z_2)\, i_n - Z_2 \frac{i_n}{a} = 0$$

$$\text{அல்லது} \qquad Z_2\left(a + \frac{1}{a}\right) = Z_1 + 2 Z_2$$

$$\text{அல்லது} \quad \frac{1}{2}\left(a + \frac{1}{a}\right) = 1 + \frac{Z_1}{2 Z_2}$$

$$\text{அல்லது,} \quad a^2 - 2\left(1 + \frac{Z_1}{2 Z_2}\right) a + 1 = 0 \quad \ldots (5.2)$$

இச் சமன்பாடு (5.2)-லிருந்து பரப்பல் மாறிலி p-யின் மதிப்புத் தெரியவரும். இச் சமன்பாட்டைக் கவனிக்க; சுழி முதல் -1 வரையிலான நெடுக்கத்திற்கு அப்பாற்பட்ட மதிப்புகளை $\frac{Z_1}{4 Z_2}$ அடையும்பொழுது a-யிக்கு மெய்யான மதிப்புகள் கிடைக்கும். மூன்று கட்டங்களில் a-யின் மதிப்புகளை ஆராயலாம்.

(1) $\frac{Z_1}{4 Z_2} > 0$. எனவே, a மெய்யான நேர் எண் $= \alpha$. தொடரில் எவ்விடத்திலும் மின் மூலம் இல்லையாதலால், அதனில் மின்னோட்டம் கணுவிற்குக் கணு மெலிகிறது. மற்றும், பிறை மாற்றம் (**Phase change**) இல்லாமல், மின்னழுத்தத்தின் வீச்சுக் குறைகிறது. $a = \varepsilon^{\alpha}$ எனக் கொளின்,

$$\cosh \alpha = 1 + \frac{Z_1}{2 Z^2} \qquad \ldots (5.3)$$

(2) $0 > \frac{Z_1}{4 Z_2} > -1$ எனில், a கற்பனை எண்ணுகிறது.

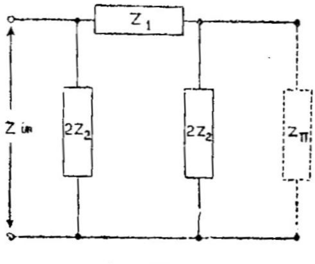
எனவே, $a = \pm j\beta$. ஆகவே, தொடரில் மின்னோட்டம் மெலியா மல் கணுவிற்குக் கணு பிறை மாற்றம் 'β' மட்டுமே ஏற்படுகிறது.

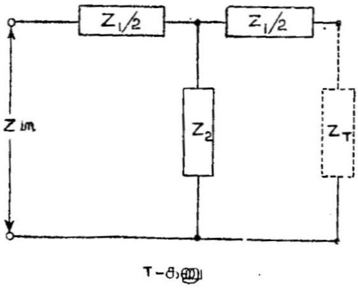
முடிவாக, $\cos\beta = 1 + \frac{Z_1}{2 Z_2}$ ... (5.4)

(3) $\frac{Z_1}{4 Z_2} < -1$ எனில், a மெய்யான எதிர் எண். எனவே, மின்னோட்டம் மெலிவதுடன் பிறை மாற்றமும் பெறுகிறது. அடுத்தடுத்த கணுக்களில் பிறை மாற்றம் π ஆகும். $a = -\pm a$ என எழுதினுல், $-\cosh a = 1 + \frac{Z_1}{2 Z_2}$ ...(5.5)

மேற்சொன்னவற்றிலிருந்து $\frac{Z_1}{4 Z_2}$-ன் மதிப்பு -1-க்கும், சுழிக்கும் இடைப்பட்டால்தான் மின்னோட்டம் மெலியாமல் பாய்கிறது என்றறிகிறோம். இந்த நெடுக்கத்தில் தான் அதிர்வெண் பட்டை செலுத்தல் (Band pass) நிகழும். இந்த நெடுக்கத்தின் இரு மருங்கிலும் உள்ள அதிர்வெண்கள் நிறுத்தப்படும்—அதாவது, பட்டை (Band stop) நிகழும்.

5.3 π மற்றும் T கணுக்கள்; அவற்றின் சிறப்பியல் எதிர்ப்பு (π and T sections and their characteristic impedance)





படம் 5.2

(a) π கணு, (b) T கணு

சங்கிலித் தொடரான வடிச் சுற்றை π மற்றும் T வடிவமுள்ள கணுக்களாகப் பிரிக்கலாம். படம் 5.2 காண்க.

(i) π கணுவின் சிறப்பியல் எதிர்ப்பு: π கணுவின் புறமுனைகளை மின் எதிர்ப்பு $Z\pi$-ஆல் இணைத்தால், உள் முனைகளிடையே மின் எதிர்ப்பு Z_{in} என்போம். ஆனால், ஈறிலியான சங்கிலியில் எந்தப் புள்ளியில் மின் எதிர்ப்பைக் கணக்கிட்டாலும் ஒரே விடைதான் கிடைக்கும். எனவே, $Z_{in} = Z\pi = Z_o$ = வெளியிடு மின் எதிர்ப்பு ஆகிறது.

$$\therefore \quad Z_o = Z_{in} = \frac{2Z_2\left(Z_1 + \dfrac{2Z_2 Z\pi}{2Z_2 + Z\pi}\right)}{2Z_2 + Z_1 + \dfrac{2Z_2 Z\pi}{2Z_2 + Z\pi}}$$

மேலும் $Z_o = Z\pi$ ஆதலால், இதனின்றும்

$$Z_o = \sqrt{\left[\frac{Z_1 Z_2}{1 + \dfrac{Z_1}{4Z_2}}\right]} \qquad \dots (5.6)$$

Z_o என்பது இங்கு π கணுவின் சிறப்பியல் எதிர்ப்பு ஆகிறது.

(ii) T கணுவின் சிறப்பியல் எதிர்ப்பு: *T* கணுவின் புறமுனைகளை, மின் எதிர்ப்பு Z_T வழியாக இணைத்தால், உள் முனைகளிடையே மின் எதிர்ப்பு Z_{in} என்க. முன் சொன்ன காரணத்திற்காகவே $Z_o' = Z_{in} = Z_T$ ஆகும்; எனவே,

$$Z_o' = Z_{in} = \frac{Z_1}{2} + \frac{Z_2\left(\dfrac{Z_1}{2} + Z_T\right)}{Z_2 + \dfrac{Z_1}{2} + Z_T}$$

$Z_o' = Z_T$ ஆதலால்,

$$Z_o' = \sqrt{Z_1 Z_2\left(1 + \frac{Z_1}{4Z_2}\right)} \qquad \dots (5.7)$$

Z_o' என்பது இங்கு *T* கணுவின் சிறப்பியல் எதிர்ப்பு ஆகிறது. மேலும் சமன்பாடுகள் (5.6) மற்றும் (5.7)-லிருந்து

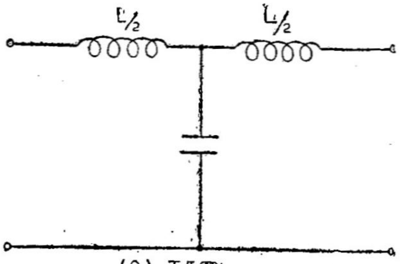
$$Z_o \cdot Z_o' = Z_1 Z_2 \qquad \dots (5.7a)$$

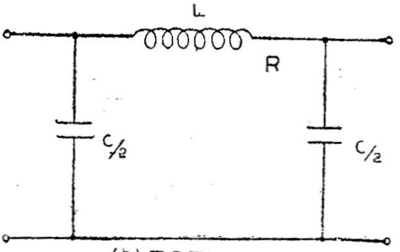
எந்த வடிச் சுற்றின் இறுதியிலும் அதன் சிறப்பியல் எதிர்ப்புக்குச் சமமான பளு இருந்தால் (அதாவது, $Z_L = Z_o$ அல்லது Z_o' வடிச்சுற்றின் தொடக்கத்திலும் அதேமின் எதிர்ப்புத் தோன்றுகிறது. மற்றும் இதனால், பிரதிபலிக்கப்பட்ட மின்னோட்டம் (Reflected

curent) இராது; மின் இயற்றியிலிருந்து (Generator) மின் ஆற்றல் தொடர்ந்து வெளியேறும். $Z_L \mp Z_0$ எனில், மின்னோட்டம் பிரதி பலிக்கப்பட்டு நிலை அலைகள் (Standing waves) ஏற்படும்; இது தவிர்க்கப்பட வேண்டியது என்பது தெளிவு.

5.4 குறை அதிர்வெண் வடிச் சுற்று (Low pass filter)

இச் சுற்றின் எளிமையான வடிவம் படம் (5.3)-ல் காணப்படு கிறது. மின் நிலைமம் தொடராகவும், மின்தேக்கம் பக்கமாகவும் இணைந்துள்ளன. இவற்றில் $Z_1 = j\omega L$; $Z_2 = 1/j\omega C$.





படம் 5.3

குறை வடிச் சுற்று

ஆகையால், $\dfrac{Z_1}{4Z_2} = -\dfrac{\omega^2 LC}{4}$.

$0 > \dfrac{Z_1}{4Z_2} > -1$ என்ற நிபந்தனை வரம்பு அதிர்வெண்களைத் தரு கிறது. $\dfrac{Z_1}{4Z_2} = -\dfrac{\omega^2 LC}{4} = 0$ அல்லது $\omega = 0$; $\therefore f_c = 0$

$\dfrac{Z}{4Z_2} = -\dfrac{\omega^2 LC}{4} = -1$ அல்லது $\omega^2 = \dfrac{4}{LC}$

அதாவது $$f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}} \quad \dots (5.8)$$

இதற்கும் குறைவான அதிர்வெண்களுடைய அலைகள் மெலிக்கப்படாமல் அனுமதிக்கப்படுகின்றன; இதற்கும் உயர்வானவை மெலிக்கப்படுகின்றன. ஈண்டு ஏற்படும் பிறை மாற்றம்

$$\cos\beta = 1 + \frac{Z_1}{2Z_2} = 1 - \frac{\omega^2 LC}{2}$$

$$= 1 - 2\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2 \quad \dots (5.8a)$$

என்பதிலிருந்து பெறப்படும். $\omega = \omega_c$ ஆனால், $\cos\beta = -l$ எனவே, அனுமதிக்கப்படும். அதிர்வெண் சுழியிலிருந்து உச்ச $\frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$-க்கு மாறும்பொழுது, மின்னோட்டத்தின் பிறையில் மாற்றம் π தோன்றுகிறது. உச்ச வரம்பு $f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$-யிக்கும் உயர்வான அதிர்வெண்களில் பிறை மாற்றம் நிகழாமல் மெலித்தல் மட்டுமே உண்டு.

இந்த வடிச் சுற்றின் சிறப்பியல் மின் எதிர்ப்பு T கணுவிற்கு

$$Z_o' = \sqrt{Z_1 Z_2\left(1 + \frac{Z_1}{4Z_2}\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{L}{C}\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_c^2}\right)} \text{ ஆகும்.}$$

மற்றும், π கணுவிற்கு

$$Z_o = \sqrt{Z_1 Z_2 / \left(1 + \frac{Z_1}{4Z_2}\right)}$$

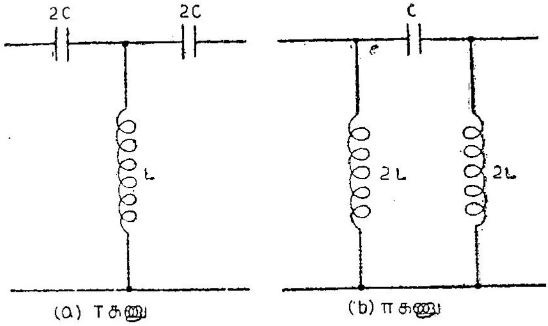
$$= \sqrt{\frac{L}{C} / \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_c^2}\right)} \text{ ஆகும்.}$$

எனவே, அனுமதிக்கப்படும் பட்டையில் சிறப்பியல் மின் எதிர்ப்பு மின் தடையை மட்டுமே கொண்டது. $\omega = 0$ என்றபொழுது $Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$. மற்றும் $\omega = \omega_c$ எனும் பொழுது $Z_o = 0$ அல்லது ∞. செலுத்தும் பட்டையில் மின் எதிர்ப்பு கணிசமான அளவில் மாறுவது இவ்வடிச் சுற்றில் ஒரு குறையாகும். எனவே, 0 முதல் ω_c வரையிலான நெடுக்கத்தில், வடிச் சுற்றின்

இறுதியில் சரியான பளுவை இணைக்க இயலாது. நடைமுறையில் பளு $R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ என்ற மின்தடையாக்கப் படுகிறது. எனவே, குறைந்த அதிர்வெண்களில் வடிச்சுற்றுச் சரியான மின் எதிர்ப்புப் பொருத்தம் உடையதாயிருக்கும். ஆனால், உச்ச வரம்பு f_c-ஐ நெருங்க, நெருங்க இப்பொருத்தம் வேறுபடும்.

5.5 நிறை அதிர்வெண் வடிச்சுற்று (High pass filter)

இதற்குத் தொடர் இணைப்பில் மின்தேக்கம் C பக்க இணைப்பில் மின் நிலைமம் L ஆகியவை இருத்தல் வேண்டும். ஆதலால்



படம் 5·4

நிறை அதிர்வெண் வடிச்சுற்று

$Z_1 = 1/j\omega C$, மற்றும் $Z_2 = j\omega L$; $\therefore Z_1 Z_2 = \frac{L}{C}$.

செலுத்தப்படும் பட்டையின் வரம்புகள் $\frac{Z_1}{4Z_2} = -\frac{1}{4\omega^2 LC} = 0$, மற்றும் $\frac{Z_1}{4Z_2} = -\frac{1}{4\omega^2 LC} = -1$ என்பவற்றிலிருந்து பெறப்படுகின்றன. அஃதாவது, $f_c = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$-யிலிருந்து $f_c = \infty$ வரையிலான அதிர்வெண்கள் அனுமதிக்கப்படும். இதன் சிறப்பியல் மின் எதிர்ப்பு, T கணுவிற்கு

$$Z'_0 = \sqrt{\left[\frac{L}{C}\left(1 - \frac{1}{4\omega^2 LC}\right)\right]} = \sqrt{\left[\frac{L}{C}\left(1 - \frac{\omega_c}{\omega^2}\right)\right]};$$

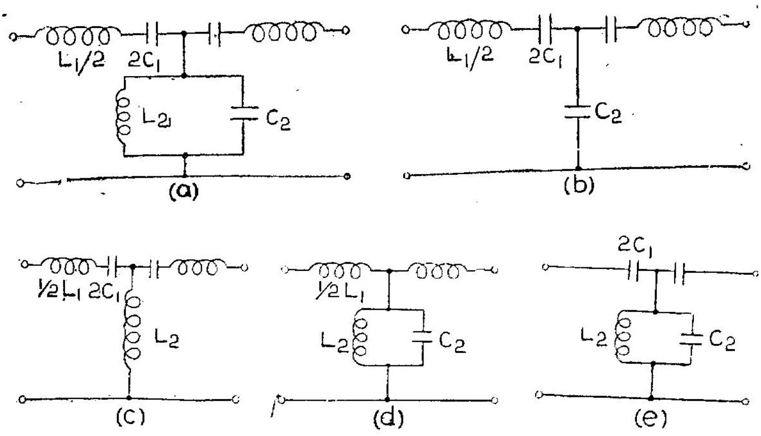
மற்றும் π கணுவிற்கு

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}\Big/\left(1 - \frac{1}{4\omega^2 LC}\right)} = \sqrt{\frac{L}{C}\Big/\left(1 - \frac{\omega_c^2}{\omega^2}\right)}$$ ஆகும்.

இருவகையிலும், $\omega >> \omega_c$ என்ற உயர் அதிர்வெண்களில் சிறப்பியல் மின் எதிர்ப்பு $\sqrt{\frac{L}{C}}$ மதிப்பை நெருங்குகிறது. எனவே, நிறை வடிச்சுற்றின் இறுதியில் பளு $R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ ஆகும். குறை வடிச் சுற்றைப் போன்றே இதிலும் மின் எதிர்ப்புப் பொருத்தம் உள்ளது.

5.6 பட்டை செலுத்தும் வடிச் சுற்று (Band pass filter)

படம் (5.5)-ல் காணப்படும் T கணுக்கள் சேர்ந்த வடிச் சுற்று குறிப்பிட்ட வரம்புகளுக்குள் உள்ள அதிர்வெண்களை அனுமதித்து



படம் 5.5

பட்டை செலுத்தும் வடிச் சுற்று.

அவ் வரம்புகளுக்குப் புறம்பான அதிர்வெண்களை மெலிக்கும் பண்புடையது. ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் மின்எதிர்ப்புச் சுழியாகும் ஒரு தொடர் இயைவுச் சுற்றுத் தொடர்புயத்திலும், மற்றும் வேறு ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் மின் எதிர்ப்பு ஈறிலியாகும் பக்க இணைப்பு இயைவுச் சுற்றுப் பக்கப் புயத்திலும் அல்லது இரண்டுமோ இக் கணுக்களில் உள்ளன என்பதறிக. படம் (5.5a)-யில் காண்பது பொதுத்தன்மையுடைய கணுவாகும். இதனில்,

$$Z_1 = j\left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1}\right) \;;\quad Z_2 = \frac{L_2}{j(\omega^2 L_2 C_2 - 1)}$$

அனுமதிக்கப்படும் பட்டையின் வரம்புகளை L_1, C_1, L_2 மற்றும் C_2

நிர்ணயிக்கையில், ω_3 முதல் ω_1 வரையிலானதும், மற்றும் ω_2 முதல் ω_4 வரையிலானதுமான இரண்டு பட்டைகள் அனுமதிக்கப் படுகின்றன. ω_1 முதல் ω_2 வரையிலான அதிர்வெண்கள் நிறுத்தப் படுகின்றன. இங்கு ω_3 மற்றும் ω_4 என்பன செலுத்தப்படும் பட்டைகளின் வரம்புகளாகும். மற்றும் $\omega_1{}^2 = \frac{1}{L_1C_1}$ மற்றும் $\omega_2{}^2 = \frac{1}{L_2C_2}$. $L_1C_1 = L_2C_2$ என அமைத்தால், நிறுத்தப்படும் பட்டையானது சுருங்கிச் சுழி அகலமுடையதாகிவிடும். எனவே, செலுத்தப்படும் பட்டை ω_3 முதல் ω_4 வரை விரவும். $L_1C_1 = L_2C_2 = LC = \frac{1}{\omega_o{}^2}$ எனில், $\frac{Z_1}{4Z_2} = -\frac{(1-\omega^2LC)^2}{4\omega^2L_2C_1}$.

$\frac{Z_1}{4Z_2} = 0$ எனப் பதிலிட்டால், $\omega = \omega_o$ என்பது செலுத்தப்படும் பட்டையின் மைய அதிர்வெண்ணைத் தரும். $\frac{Z_1}{4Z_2} = -1$ எனப் பதிலிட்டால் பெறப்படும் சமன்பாட்டில் மடிமூலங்கள் (Roots) ω_3 மற்றும் ω_4 ஆகும். எனவே, $\frac{Z_1}{4Z_2} = -1$ என்க.

$$\left(1-\frac{\omega^2}{\omega_o{}^2}\right)^2 = 4\frac{\omega^2C_1}{\omega_o{}^2C_2}.$$

இதன் மூலங்கள் $\omega = \omega_o\left[\pm\sqrt{\frac{C_1}{C_2}+1} \pm \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}\right]$

ω_3 மற்றும் ω_4 நேர் எண்கள் ஆகவேண்டுமாதலால், சரியான மூலங்கள் பின்வருமாறு:

$$\omega_3 = \omega_o\left[\sqrt{\frac{C_1}{C_2}+1} - \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}\right]; \text{ மற்றும்}$$

$$\omega_4 = \omega_o\left[\sqrt{\frac{C_1}{C_2}+1} + \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}\right]$$

$\omega_o{}^2 = \omega_3, \omega_4$ என்பதால் தொடர் இயைவுச் சுற்று மற்றும் பக்க இணைப்பு இயைவுச் சுற்றுகளின் இயைவு அதிர்வெண் செலுத்தப்படும் பட்டையின்வரம்புகளின் பெக்கற் சராசரி (Geometric mean) ஆகும். $\frac{L_1}{C_2} = \frac{L_2}{C_1} = R_o$ என்றுக, இந்த வடிச் சுற்றின் சிறப்பியல் மின் எதிர்ப்பு, T கணிவிற்கு

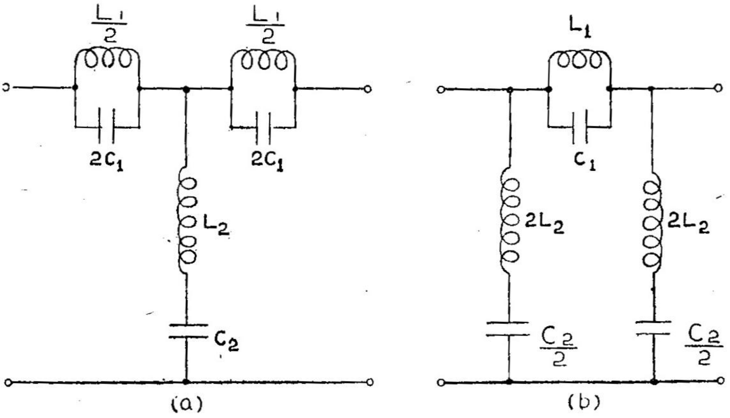
$$Z_0' = R_0 \sqrt{\left[1 - \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}{\left(\frac{\omega_3}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega_3}\right)^2}\right]}$$

$$= R_0 \sqrt{\left[1 - \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}{\left(\frac{\omega_4}{\omega_0} - \frac{\omega_3}{\omega_4}\right)^2}\right]}$$

என நிறுவலாம்.

5.7 பட்டை நிறுத்தும் வடிச்சுற்று (Band stop filter)

பட்டை செலுத்தும் வடிச் சுற்றின் தொடர் மற்றும் பக்க இணைப்புச் சுற்றுகளைப் பரிமாற்றம் செய்வதால் பட்டை நிறுத்தும் வடிச் சுற்றுப் பெறப்படுகிறது. படம் 5.6 காண்க. இச் சுற்றில்



படம் 5.6

பட்டை நிறுத்தும் வடிச் சுற்று

$$Z_1 = \frac{\omega L_1}{j(\omega^2 L_1 C_1 - 1)}; \; Z_2 = j\left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}\right)$$

மற்றும் $\frac{L_1}{C_2} = \frac{L_2}{C_1} = R_0^2$.

இதன் அதிர்வெண்வரம்புகள்

$$\omega_3 = \frac{\omega_0}{4}\left(\sqrt{\frac{C_2}{C_1}+16}-\sqrt{\frac{C_2}{C_1}}\right) \text{மற்றும்}$$

$$\beta_4 = \frac{\omega_a}{4}\left(\sqrt{\frac{C_2}{C_1}+16}+\sqrt{\frac{C_2}{C_1}}\right) \text{ ஆகும்.}$$

இவ்வரம்புகளுக்குட்பட்ட பட்டையை மட்டும் தடுத்து நிறுத்தி, இவற்றிற்குப் புறம்பான எல்லா அதிர்வெண்களையும் அனுமதிக்க வல்லது இச் சுற்று. இது பரவலாகப் பயன்படுவதில்லை.

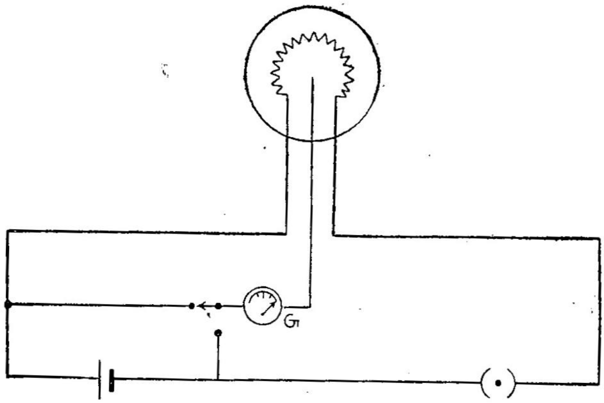
6. எலெக்ட்ரான் உமிழ்வு
(Electron emission)

6.1 எடிசன் விளைவு (Edison Effect).

எலெக்ட்ரானியல் கருவிகள் செயல்படச் சுதந்திரமான எலெக்ட்ரான்கள் தேவை. இவற்றைப் பல வகைகளில் பெறலாம். பெரும்பாலும் பருப்பொருள்களைச் சூடேற்றுவதால் அவை பெறப்படுகின்றன.

சூடேறிய பருப்பொருள்களிலிருந்து எதிர் அயனிகள் (Negative ions) உமிழப்படுகின்றன என்று எடிசன் 1883-ல் கண்டறிந்தார். அவர் செய்த சோதனை பின்வருமாறு :

வெண்சுடர் விளக்கின் (Incandescent lamp) கார்பன் இழை (Carbon filament) பேட்டரியிலிருந்து பாயும் மின்னோட்டத்தால்



படம் 6.1
எடிசன் விளைவு.

சூடேறுகிறது. இந்த இழையின் இடையே அதனைத் தொடாமலும், சூடேற்றப் படாமலும் வைக்கப்பட்ட ஓர் உலோகத்தட்டு,

கால்வனுமீட்டர் வழியாகப் பேட்டரியின் நேர் முனையுடன் இணையும் பொழுது கால்வனு மீட்டரில் மின்னோட்டம் தெரிகிறது. ஆனால், தட்டுப் பேட்டரியின் எதிர்முனையுடன் இணைந்தால் மின்னோட்டம் இல்லை.

6.2 எலெக்ட்ரான் உமிழ்வு முறைகள் (Methods of electron emission)

திட, திரவ, வாயு நிலைகளில் உள்ள எல்லாப் பொருள்களிலும் எலெக்ட்ரான்கள் உறுப்புகளாகின்றன என்று *J. J.* தாம்சன் கண்டறிந்தார். இந்த எலெக்ட்ரான்களுக்குப் போதிய அளவு ஆற்றல் அளிக்கப்பட்டால் அவை பருப்பொருள்களிலிருந்து பிரிந்து வெளியேற வாய்ப்புண்டு. பருப்பொருளிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களைப் பிரிப்பதற்கான நான்கு முறைகளாவன : (1) மின்புல உமிழ்வு (Field emission), (2) ஒளிமின் உமிழ்வு (Photo electric emission), (3) இரண்டாம் நிலை உமிழ்வு (Secondary emission), (4) வெப்ப அயனி உமிழ்வு (Thermoionic emission). நான்காவதாகச் சொல்லப்பட்ட முறையில், உலோகங்களிலிருந்து உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான்களே எலெக்ட்ரானியல் கருவிகளில் பெரும்பாலும் பயன்படுகின்றன. இதற்கான காரணம், மின்கடத்தாப் பொருள்களில் பொதிந்துள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக் குறைவு ஆகும். மற்றும் திரவ, வாயுப் பொருள்களிலும் அதே நிலைதான். மேலும் இப்பொருள்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை உமிழச் செய்யத் தேவையான ஆற்றல், உலோகங்களுக்குத் தேவையான ஆற்றலைவிடக் குறைவு.

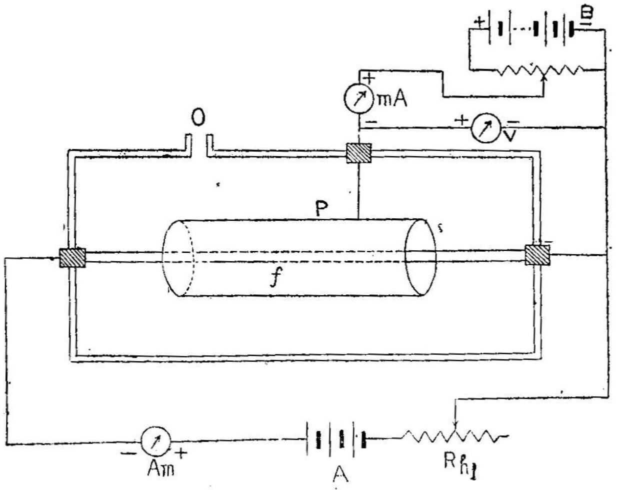
6.3 வெப்ப அயனி உமிழ்வு (Thermoionic emission)

எடிசன் சோதனையில் காணப்பட்ட மின்னோட்டம் சூடேறிய இழையிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களால் ஆனது. 1903-ல் இந்த முறையில் உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான்களைப் பற்றி ரிச்சர்ட்சன் (Richardson) விரிவாகச் சோதனைகள் செய்தார். அத்துடன் குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையில் ஏதாவதொரு பரப்பிலிருந்து உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைக் கணிப்பதற்கு உதவும் கோவையையும் அவர் தருவித்தார்.

ரிச்சர்ட்சன் சோதனை

சூடேற்ற வேண்டிய உலோகம் இழையாக (f) மற்றொரு உலோக உருளையின் (P) அச்சாக வைக்கப்படுகிறது. P- தட்டு எனப்படும். இழையும் தட்டும் கண்ணாடி அறையினுள் வைக்கப்படுகின்றன. இந்த அறையினை வெற்றிடமாக்கவோ, தக்க அழுத்தத்தில் தகுந்த வாயுவினை உள்ளிருத்தவோ வகையாக வாய் (O) உள்ளது. இழையில் பேட்டரி A-யால் செலுத்தப்படும் மின்னோட்டத்தைச் சீரமைக்க மாறுமின்தடையும் (Rh_1), அந்த மின்னோட்டத்தை அளக்க அம்மீட்டரும் (Am) உள்ளன. பேட்டரி

B -யின் உதவியால்தட்டு *P*-யிக்குத் தகுந்த மின்னழுத்தம் அளிக்க



படம் 6.2

ரிச்சர்ட்சன் சோதனைக்கான அமைப்பு

லாம். இதனை வோல்ட் மீட்டர் (*V*) அளக்கும். மில்லி அம்மீட்டர்(*mA*) வெப்ப அயனி மின்னோட்டத்தை (Thermoionic current) அளக்கும்.

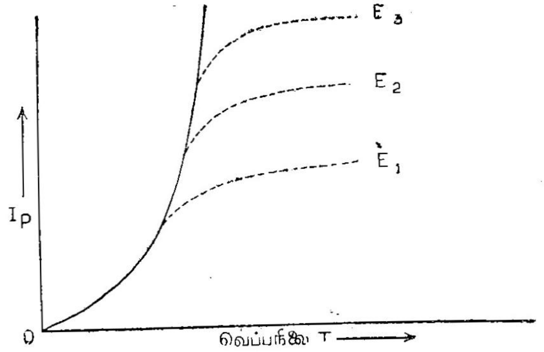
1. வெப்ப அயனிகள் எலெக்ட்ரான்களே

இழையின் வெப்பநிலையை அதிகரித்து, அறையினுள் வெற்றிடமாக்கித் தட்டு *P*-யை இழையைப் பொறுத்து நேர்மின்வாய் ஆக்கினால் மின்னோட்டம் பாய்வதை மில்லி அம் மீட்டர் காட்டுகிறது. தட்டு எதிர்மின்வாய் ஆனால் மின்னோட்டம் இல்லை. எனவே, வெப்ப அயனிகளுக்கு எதிர் மின்னூட்டம் உள்ளது எனத் தெரிகிறது. இந்த அயனிகளின் மின்னூட்ட நிறைத் தகைவினை (e/m = Specific charge) அளந்து அவை எலெக்ட்ரான்களே என ரிச்சர்ட்சன் நிறுவினார்.

2. வெப்ப நிலையைப் பொறுத்து உமிழ்வு

தட்டின் நேர் மின்னழுத்தத்தை நிலையாக்கி, இழையின் வெப்ப நிலையை உயர்த்தினால், தாழ்ந்த வெப்ப நிலைகளில் மின்னோட்டம் இல்லை. வெப்பநிலை $1000°C$-ஐ எட்டும்பொழுது சிறிதளவு மின்னோட்டம் (I_b) தெரிகிறது. வெப்பநிலையை மேலும் உயர்த்தினால் மின்னோட்டம் விரைந்து அதிகரித்து உச்சவரம்பை (Maximum) எட்டுகிறது.

படம் 6.3 தட்டின் வெவ்வேறு மின்னழுத்தங்களில் வெப்பநிலையைப் பொறுத்து மின்னோட்டம் மாறுவதைக் காட்டுகிறது. ஒவ்வொரு



படம் 6.3

மின்னழுத்தத்திலும் மின்னோட்டம் குறிப்பிட்ட உச்ச மதிப்பைப் பெறுகிறது. ஏனெனில், உமிழப்படும் எல்லா எலெக்ட்ரான்களையும் கவர்ந்து கொள்ளப் போதுமானதாக அந்த மின்னழுத்தம் இல்லை. இந்த உச்ச வரம்பு ஏற்படுவதைச் சூழ் மின்னூட்ட வரம்பு (Space charge limitation) என்கிறோம். மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தங்களைத் தட்டில் பிரயோகித்தால் மட்டுமே, வெப்பநிலையைப் பொறுத்து எலெக்ட்ரான் உமிழ்வு ஏற்படுவதைத் தடித்த வளைகோடு காட்டுகிறது.

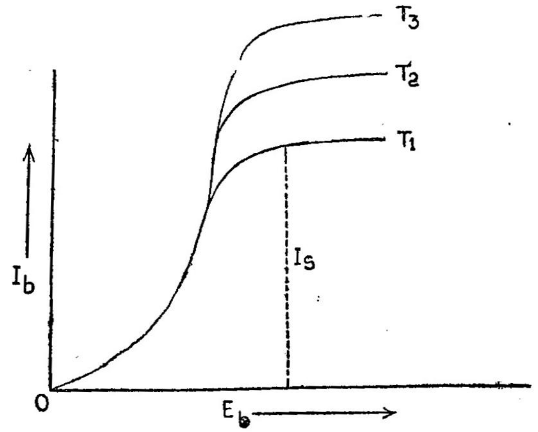
சூழ் மின்னூட்டம் (Space charge) : உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் தட்டினைஅடையச் சிறிது நேரம்தேவைப்படுகிறது. இந்தத் தாமதத்தால் உமிழப்படும் எல்லா எலெக்ட்ரான்களையும் தட்டு உடனுக்குடன் ஈர்த்துக் கொள்ள இயலவில்லை. எனவே, அதிக அளவு உமிழ்வு உள்ளபொழுது சில எலெக்ட்ரான்கள் இழையைச் சூழ்ந்து கொள்கின்றன. இவை இழையிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களை எதிர்த்துத் தள்ளுகின்றன. மற்றும் தட்டின் ஈர்க்கும் மின்புலத்துக்கு எதிரான ஒரு மின் புலத்தையும் ஏற்படுத்துகின்றன. இதற்குப் பின்னர் உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் தட்டினை அடைவதில்லை. இதுவே சூழ்மின்னூட்ட விளைவு (Space charge effect) ஆகும். தட்டில் உயர்ந்த மின்னழுத்தம் உண்டெனில் மட்டுமே எலெக்ட்ரான்கள் இழையைச் சூழ்வதில்லை.

சூழ் மின்னூட்டம் உள்ளபொழுது, மாறுவெப்பநிலையில் உச்ச வரம்பு அடைந்த மின்னோட்டத்திற்கும் தட்டின் மின்னழுத்தத்திற்குமான எண் கோவை $I_b = E_b^{\frac{3}{2}}$ ... (6.1)

ஆகும். இங்கு K-மாறிலி. சமன்பாடு (6.1) லாங்மூயர் (Langmuir) விதி எனப்படும்.

3. தட்டின் மின்னழுத்தமும், மின்னோட்டமும்.

படம் (6.4)ல் குறிபிட்ட மாருத வெப்பநிலையில் மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்து மின்னோட்டம் மாறுவதைக் காணலாம். பல்வேறு வெப்பநிலைகளுக்கு இது காட்டப்பட்டுள்ளது. மாரு வெப்பநிலையில் மின்னழுத்தம் உயரமின்னோட்டம் அதிகரித்துத் தெவிட்டிய மதிப்புப்



படம் 6.4

(I_s = Saturation current) பெறுகிறது. இதற்கு மேலும் மின்னழுத்தம் உயருமானுல் I_b அதிகரிப்பதில்லை. ஆனுல், அதே மின்னழுத்தத்தில் வெப்பநிலையை உயர்த்தினுல், மின்னோட்டம், அதிகரிப்பது தெரியும். எனவே, வெப்பநிலை மாருமலிருக்க, இழையால் உமிழப்படும் எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் தட்டினைச் சேர்வதால் தெவிட்டிய மின்னோட்டம் (Saturation current) பெறப்படுகிறது. இந்தத் தெவிட்டிய மின்னோட்டத்தை வெப்பநிலை கட்டுப்படுத்துவதால், வெப்பநிலை—வரம்புடைய மின்னோட்டம் (Temperature—limited current) என்கிறோம்.

4. உமிழ்ப்பானின் தன்மை மற்றும் பரப்பளவு (Area and nature of the emitter)

எலெக்ட்ரான்களை உமிழும் இழையை உமிழ்ப்பான் என்கிறோம். உமிழ்ப்பானின் புறப் பரப்பளவு உயர்வதைப் பொறுத்து நேர்விகிதத்தில் எலெக்ட்ரான் உமிழ்வும் அதிகரிக்கிறது. தூய உலோகங்களிலிருந்து உமிழ்வு 1000°C-க்கு மேல்தான் நிகழ்கிறது. மற்ற உலோ

கங்களை விடக் கார் உலோகங்களில் (Alkali metals) உமிழ்வு அதிகம். உலோகங்களில் உள்ள வேற்றுப் பொருள்கள் (Impurities) உமிழ்வைப் பாதிக்கின்றன.

உமிழ்ப்பானின் புறத்தின் மீது சில ஆக்ஸைடுகள்-பெரும்பாலும் கார் உலோகங்களின் ஆக்ஸைடுகள் (Alkalimetals) பூசப் பட்டால், குறைந்த வெப்பநிலையிலேயே உமிழ்வு மிகவும் அதிகரிக் கிறது. இவ்வகையில் கால்சியம், பேரியம் ஆக்ஸைடுகள் மிகுந்த பயனளிக்கின்றன. இவ்வகை உமிழ்ப்பான்கள் வெனெல்ட் கேத் தோடுகள் (Wehnelt cathodes) எனப்படும். மற்றும் தோரியம் ஆக்ஸைடு சிறிதளவு கலந்த டங்ஸ்டன் (Thoriated Tungsten) கேத் தோடுகள் மிகுந்த திறமையுடன் எலெக்ட்ரான்களை உமிழ்கின்றன.

5. உமிழ்ப்பானைச் சூழ்ந்த வாயுக்களின் பயன் (Effect of surrounding gas on emission):—

குறை அழுத்தத்தில் உமிழ்ப்பானைச் சூழும் வாயுக்கள் உமிழ்வைப் பெருமளவுக்கு உயர்த்துகின்றன. உயர்ந்த வெப்பநிலையில் உமிழப்படும் எலெக்ட்ரான்களுக்கு இயக்க ஆற்றல் அதிகம். இவை வாயு மூலக்கூறுகளுடன் மோதி அவற்றை அயனிகளாக்குகின்றன. இது சங்கிலித்தொடராக நிகழ்கிறது. எனவே, எதிர் அயனிகளும் எலெக்ட்ரான் மின்னோட்டத்துடன் சேர்ந்து அதனை உயர்த்து கின்றன. மற்றும் நேர்அயனிகள் கேத்தோடைச் சேர்ந்து எலெக்ட் ரான்களைக் கவர்ந்திழுக்கின்றன. இதனாலும் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது. 6.3 (4) மற்றும் (5) பகுதிகளில் சொல்லப்பட்ட பண்புகளைப் பயன்படுத்தி மிகத் திறமையான கேத்தோடுகள் எலெக்ட்ரானியல் குழாய்களில் அமைக்கப்படுகின்றன.

6.4 கொள்கை விளக்கம்—ரிச்சர்ட்சன் கோவை (Theoretica explanation—Richardson's equation)

எலெக்ட்ரான் கொள்கையை (Electron theory) அடித்தளமாகக் கொண்டு, வெப்ப அயனி உமிழ்வை ரிச்சர்ட்சன் விளக்கினார். சாதாரண வெப்ப நிலைகளிலும் உலோகங்களில் சுதந்திரமான எலெக்ட்ரான்கள் உள. இவை வெப்பநிலையைப் பொறுத்து வேகங் களுடையன. பொதுவாக இவை உலோகத்தை விட்டு வெளியேற முயலும்பொழுது உலோகத்தில் ஒரு மின்னழுத்த அரண் (Potential barrier) தோன்றுகிறது. இந்த அரண் உமிழ்ப்பானின் பரப்பிற்குப் புறமான புள்ளியைப் பொறுத்து நேர்மின்னழுத்த முடையது. எலெக்ட்ரான் உலோகத்தினின்றும் நீங்குவதால் தூண்டப்படும் நேர் மின்னூட்டத்தால் இந்த அரண் தோன்றுவதாகக் கொள்ள லாம். இந்தஅரணை மீறி வெளியேறத்தேவையான ஆற்றல்எலெக்ட் ரானுக்கு இருந்தால்தான் அஃது உமிழ்ப்பானை விட்டு வெளியேற

முடியும். இந்த ஆற்றலின் மதிப்பை வெளியேற்று ஆற்றல் (Work function) என்கிறோம். எனவே, உலோகப் பரப்பை விட்டு வெளியேற எலெக்ட்ரானுக்குத் தேவையான சிறும ஆற்றல் வெளியேற்று ஆற்றல் ஆகும்.

உமிழ்ப்பானின் வெப்பநிலை உயர்ந்தால் எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல் உயர்கிறது. ஒரு கட்டத்தில் ஏராளமான எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்று ஆற்றலுக்கும் அதிகமான இயக்க ஆற்றலைப் பெற்று வெளியேறுகின்றன. இது திரவம் ஆவியாதல் போல் உள்ளது. மாருத வெப்பநிலையில் மூடிய கலத்தில் ஆவியாதல் நிகழும்பொழுது திரவப் பரப்பிலிருந்து வெளியேறும் மூலக்கூறு களின் எண்ணிக்கைக்கும், ஆவியிலிருந்து திரவத்தை அடையும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்கும் இயக்கச் சமநிலை உள்ளது. குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் திரவத்தின் மீதுள்ள ஆவியழுத்தம் மாருதது. மாரு வெப்பநிலையில், எலெக்ட்ரான் உமிழ்வையும், ஆவியாதலையும் ஒப்பிடலாம். உமிழ்ப்பானிலிருந்து வெளியேறும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும், உமிழ்ப்பானைத் திரும்ப வந்தடையும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் சமமா யிருக்கின்றன. உமிழ்ப்பானைச் சூழும் எலெக்ட்ரான் வாயு (Electron gas) மாருத அழுத்தத்தில் உள்ளது. ஆவியாதலிலும், எலெக்ட்ரான் உமிழ்விலும் துகள் வெளியேறும்பொழுது வேலை செய்யப்படுகிறது. ஆவியாதலில் இந்த வேலையை உள்ளுறை வெப்பம் என்கிறோம். எலெக்ட்ரான் உமிழ்வில் வெளியேற்று ஆற்றல் என்கிறோம். எனவே, கிளாசியசு கிளேபரான் சமன்பாடு (Clausius – Clayperon equation) எலெக்ட்ரான் உமிழ்விற்குப் பொருந்தும்.

இயக்கச் சமநிலை யுள்ளபொழுது எலெக்ட்ரான் வாயுவின் அழுத்தம் 'p' என்க. ஒரு கிராம் மூலக்கூறு எலெக்ட்ரான்களின் பருமன் உமிழ்ப்பானினுள்ளும், அதற்கு வெளியிலும் முறையே 'U' மற்றும் 'V' என்க. ஒரு கிராம் மூலக்கூறு வாயுவிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை, N-அவகட்ரோ எண் (Avagadro's number) ஆகும். எனவே, நாம் 'N' எலெக்ட்ரான்களைக் கவனிக்கிறோம்.

'N' எலக்ட்ரான்களை உமிழத் தேவையான ஆற்றல் 'L' எனக் கொள்க. எனவே,

$$L = T\frac{dp}{dT}(V-U) \qquad \dots(6.2)$$

இது கிளாசியசு – கிளேபரான் சமன்பாடு. இங்கு T = உமிழ்ப்பானின் மெய் வெப்பநிலை. உமிழ்ப்பானின் உள்ளே எலெக்ட்ரான்களின் பரும அளவான 'U', அதற்கு வெளியே அவற்றின் பரும அளவு 'V'-யுடன் ஒப்பிட, முன்னதை (6.2)-ல் புறக்கணிக்கலாம்.

ஆற்றல் 'L' இருவகைகளில் (1) தலா ஓர் எலெக்ட்ரானுக்கு 'ω' அலகுகள் என்ற விகிதத்தில் 'N' எலெக்ட்ரான்களுக்கு வெளியேற்று ஆற்றல் $N\omega$ ஆகவும், (2) சூழ்ந்துள்ள எலெக்ட்ரான் வாயுவின் அழுத்தத்திற்கு எதிராக வெளியேறி விரிவடையத் தேவையான ஆற்றல் pV ஆகவும் பயன்படுகிறது. எனவே,

$$L = pV + N\omega \qquad \ldots (6.3)$$

எலெக்ட்ரான் வாயுவும், நல்லியல் வாயுக்கள் போலவே பண்புடையன எனக் கொள்ளலாம். ஏனெனில் எலெக்ட்ரான்களிடையே உள்ள எதிர்ப்பு விசைகளால் ஏற்படும் விளைவுகள், அவற்றின் அதி வேகத்தால் ஏற்படும் விளைவுகளுடன் ஒப்பப் புறக்கணிக்கப் படலாம். எனவே, நல்லியல் வாயுச் சமன்பாடு (Perfect gas equation) எலெக்ட்ரான் வாயுவிற்குப் பொருந்தும்.

$$pV = RT \qquad \ldots (6.4)$$

இங்கு R = அனைத்து வாயு மாறிலி

மற்றும் $R = Nk$; k = போல்ஸ்ட்மேன் மாறிலி.

$$\therefore \quad pV = NkT \qquad \ldots (6.4a)$$

சமன்பாடு 6.3-லிருந்து,

$$\therefore \quad L - N\omega = pV = NkT$$

சமன்பாடு 6·2-ல் 'U' வைப் புறக்கணித்து,

$$VT\frac{dp}{dT} = NkT + N\omega = N(\omega + kT)$$

மேலும், 6.4a-யிலிருந்து $V = \dfrac{NkT}{p}$

எனவே, $\dfrac{NkT^2}{p} \cdot \dfrac{dp}{dT} = N(\omega + kT)$

$$\therefore \quad \frac{k\,dp}{p} = \frac{(\omega + kT)\,dT}{T^2}$$

தொகுநியாக்க,

$$k\ln p = \int \frac{\omega dT}{T^2} + \int \frac{kdT}{T} + C$$

இங்கு C = தொகுநியாக்க மாறிலி.

$$\ln p = \int \frac{\omega dT}{kT^2} + \ln T + C$$

$$\therefore \quad p = A_1 T \Sigma^{\int \frac{\omega dT}{kT^2}} \qquad \ldots (6.5)$$

இங்கு A_1 = மாறிலி.

வாயுக்களின் இயக்கக் கொள்கை (Kinetic theory of gases) எலெக்ட்ரான் வாயுவிற்கும் பொருந்தும். $R.M.S.$ திசை வேகம் வெப்ப நிலையின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது என அறிவோம். எனவே, வாயுவில் ஓரலகு வெட்டுமுகப் பரப்பு வழியாகச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை n_0 எனில்,

$$n_0 = DnT^{\frac{1}{2}} \qquad \ldots (6.6)$$

இங்கு D = மாறிலி

n = ஓரலகு பரும அளவில் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை.

வாயுக்களின் அழுத்தம் வெப்பநிலைக்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது. மற்றும் மேற் சொன்ன 'n'-க்கும் நேர் விகிதமாகும். எனவே, சமன்பாடு (6.5)-ல் $p = EnT$ என்றும் எழுதலாம் (E = விகித மாறிலி). ஆகவே, சமன்பாடு (6.5)-லிருந்து,

$$EnT = A_1 T \, \Sigma^{\int \frac{\omega dT}{kT^2}}$$

$$n = A_2 \, \Sigma^{\int \frac{\omega dT}{kT^2}} \qquad \ldots (6.7)$$

இங்கு $A_2 = \frac{A_1}{E}$ = வேறொரு மாறிலி.

எனவே, சமன்பாடுகள் (6.6) மற்றும் (6.7)-லிருந்து,

$$n_0 = AT^{\frac{1}{2}} \, \Sigma^{\int \frac{\omega dT}{kT^2}} \qquad \ldots (6.8)$$

உமிழ்ப்பானினுள்ளே எலெக்ட்ரானுக்கு ஆற்றல் இல்லை எனக் கொள்வோம். உமிழ்ப்பானுக்கு வெளியே உள்ளபொழுது எலெக்ட்ரான் கொண்டிருக்கும் இயக்க ஆற்றல், அதனை உமிழ்ப்பானிலிருந்து வெளியேற்றச் செலவான மொத்த ஆற்றலில் அடங்கும். இதன் இயக்க ஆற்றல் $\frac{3}{2}kT$ ஆகும். எனவே,

$$\omega = \omega_0 + \frac{3kT}{2} \qquad \ldots (6.9)$$

(ω_0 = வெளியேறுவதற்கு மட்டுமே செலவாகும் ஆற்றல்)

சமன்பாடு (6.9)-ஐ (6.8)-ல் இட,

$$n_0 = AT^{\frac{1}{2}} \, \Sigma^{\int \left(\omega_0 + \frac{3}{2} kT\right) \frac{dT}{kT^2}}$$

ஆனால்,

$$\int\left[\frac{\omega_o+\frac{3}{2}kT}{kT^2}\right]dT=\omega_o\int\frac{dT}{kT^2}+\frac{3}{2}\int\frac{dT}{T}$$

$$=\frac{-\omega_o}{kT}+\frac{3}{2}\,lnT.$$

எனவே,

$$n_o = A\,T^{\frac{1}{2}}\varepsilon^{\left(\frac{-\omega_o}{kT}+\frac{3}{2}\,lnT\right)}$$

$$= A\,T^{\frac{1}{2}}\varepsilon^{-\frac{\omega_o}{kT}}\cdot\varepsilon^{lnT^{\frac{3}{2}}}$$

$$= A\,T^{\frac{1}{2}}\,T^{\frac{3}{2}}\,\varepsilon^{\frac{-\omega_o}{kT}}$$

$$= A\,T^2\,\varepsilon^{\frac{-\omega_o}{kT}} \qquad \ldots (6.10)$$

எலெக்ட்ரான் மின்னூட்டம் e ஆதலால் மின்னோட்ட அடர்த்தி (Current density)

$$I_o = n_o e.$$

$$\therefore\quad I_o = A_oT^2\,\varepsilon^{\frac{-b}{T}} \qquad \ldots (6.11)$$

$\left(A_o = Ae\,;\ \frac{\omega_o}{k} = b\right.$ எனப்பட்டன)

ω_o = வெளியேற்று ஆற்றல்; பொதுவாக எலெக்ட்ரான் வோல்ட் களில் (eV) அளக்கப்படுகிறது.

[குறிப்பு : ஓர் எலக்ட்ரான், ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்தத்தைக் கடக்கும்பொழுது பெறுகின்ற ஆற்றல் ஓர் எலெக்ட்ரான்-வோல்ட் ஆகும்.

$1\,eV = e$ கூலூம் $\times 1$ வோல்ட் $= e$ ஜௌல்.

$= 1{\cdot}603\times10^{-19}$ ஜௌல்

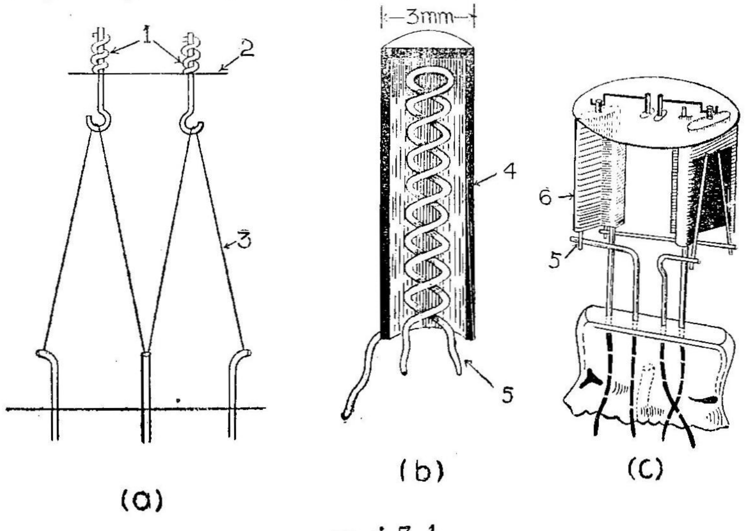
$= 1{\cdot}603\times10^{-12}$ எர்குகள்.]

7. வெற்றிட டயோடு: அதன் பண்புகளும் பயன்களும்

(The vacuum diode: its properties and uses)

7.1 டயோடின் அமைப்பு (Construction of a diode)

டயோடின் முக்கிய உறுப்புகள் இரண்டு. இவை: (1) எலெக்ட்ரான்களை உமிழும் உமிழ்ப்பான்; (2) இந்த எலெக்ட்ரான்களை ஈர்க்கும் தட்டு. உருளை வடிவத் தட்டின் அச்சாக உமிழ்ப்பான் உள்ளது. உமிழ்ப்பானைக் கேத்தோடு என்றும், தட்டினை ஆனோடு என்றும் அழைக்கிறோம். உமிழ்ப்பான் இழையாகவோ (Filament), வேறொரு



படம் 7.1

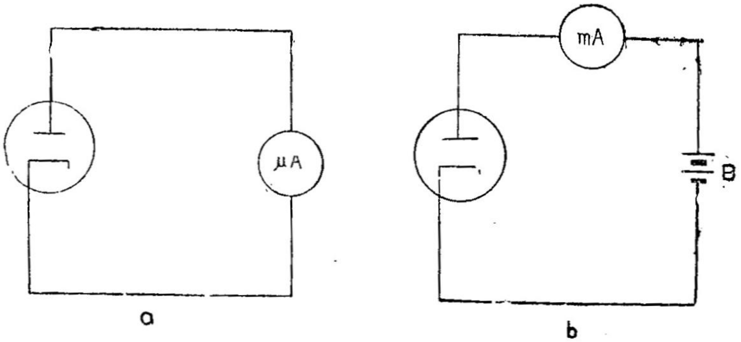
(*a*) இழைவடிவக் கேத்தோடு, (*b*) உருளை வடிவக் கேத்தோடு (*c*) இரட்டை டயோடு.

சூட்டுச் சுருளால் சூடேற்றப்படும் உருளையாகவோ இருக்கும் இவ்வமைப்புகளைப் படம் (7.1)-ல் காணலாம். பொதுவாக

சூடேற்றும் மின்னோட்டம் DC ஆனால் இழை வடிவக் கேத்தோடும், அது AC ஆனால் உருளை வடிவக் கேத்தோடும் பயன்படுகின்றன. இந்த அமைப்புகள் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கண்ணாடிக் குழாயினுள் உள்ளன. கேத்தோடு, சூட்டுச்சுருள், ஆனோடு இவற்றிற்கு இணைமுளைகள் குழாயின் அடிப் புறத்தில் உள்ளன. ஆனோடுகள் உயர்ந்த உருகு நிலையுடைய உலோகங்களால் (நிக்கல் அல்லது இரும்பு) ஆனவை. எலெக்ட்ரான்கள் அவற்றின் மீது மோதுவதால் ஏற்படும் வெப்பத்தை எளிதில் கதிர் வீச்சில் செலவிட ஏற்ற வகையில் ஆனோடுகளின் புறப்பரப்பு (Surface) சொர சொரப்பாகவும் கருமையாகவும் ஆக்கப்படுகின்றன. அவற்றின் வெப்பநிலை மிக அதிகமாக உயர்ந்தால் அவையே உமிழ்ப்பான்களாக மாறிவிடும். இது தவிர்க்கப்படல் வேண்டும். குழாயினுள் வாயுவின் அழுத்தம் 10^{-7} மி. மீ. (மெர்க்குரி) இருத்தல் வேண்டும்.

7.2 நகர்வு மின்னோட்டம் (Drift current)

கேத்தோடு சூடேறும்பொழுது சிறிதளவு மின்னோட்டம் உள்ளது. கேத்தோடு, ஆனோடு இரண்டும் ஒரே மின்னழுத்தத்தில் இருந்தால் எலெக்ட்ரான்களை ஈர்க்கும் புலம் இல்லை. கேத்தோடை விட்டு மிக அதிகமான தொடக்க ஆற்றலுடன் வெளியேறும் எலெக்ட்ரான்கள் ஆனோடை அடைவதன் காரணமாக இந்த நகர்வு மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. தகுந்த மின் புலத்தை ஏற்படுத்துவதால் இந்த நகர்வு மின்னோட்டத்தை அதிகரிக்கலாம். படம் (7.2*b*)-யில் காட்டிய பேட்டரி *B*, டயோடின் ஆனோடை நேர்



படம் 7.2

(*a*) நகர்வுமின்னோட்டம், (*b*) ஈர்க்கும் மின்புலம் உடைய டயோடு

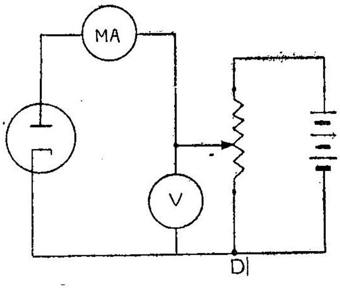
வாய் (Positive electrode) ஆக்கினால் சுதந்திரமான எலெக்ட்ரான்கள் அதனால் முடுக்கப்பட்டு நகர்வு மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது.

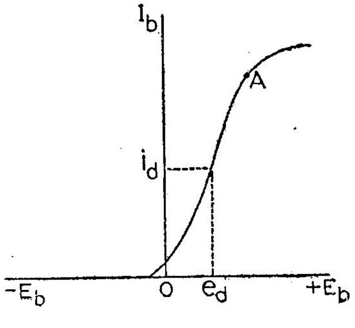
இந்த பேட்டரி B ஆனோடுக்குச் செலுத்தும் மின்னழுத்தத்தை மாற்றுவதால் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்பாட்டில் வைக்கலாம். ஆனோடானது B-யின் எதிர்வாயுடன் இணைந்தால் நகர்வு மின்னோட்டம் இருப்பதில்லை. ஏனெனில், ஆனோடு எலெக்ட்ரான்களை எதிர்த்துத் தள்ளுகிறது.

படம் (7.2b)-யில் காணும் சாதாரண தொடர் இணைப்பில், டயோடு ஒன்று சாவி போல் செயல்படுவதாக முதலில் தோன்றினாலும், அவ்வளவு எளிதாக அதன் செயலை விளக்குவதற்கில்லை. டயோடுக்கு எப்பொழுதும் ஒரு மின் தடை உண்டு. இதனை ஆனோடு மின்தடை (Anode resistance) என்பர். இந்த மின்தடை டயோடில் பாயும் மின்னோட்டத்தைப் பொறுத்து மாறுகிறது. எனவே, இந்த ஆனோடு மின்தடை நேர் போக்கிலா மின்தடை (Non-linear resistance) ஆகும்.

7.3 வோல்ட்—ஆம்பியர் பண்பியல் கோடுகள் (Volt-ampere characteristics)

நேர் போக்கிலா மின்தடையின் பண்பை வோல்ட் ஆம்பியர் பண்பியல் கோடுகள் காட்டுகின்றன. வெவ்வேறு மின்னழுத்தங்களை ஆனோடில் செலுத்தி அதற்கான மின்னோட்டங்களை வரைபடத்தில் காண்கிறோம். இப்பண்பியல் கோடு நேர்க் கோடாக ஆயத் தொடக்கப்புள்ளி(Origin) வழியாகச் சென்றால் ஆனோடு மின்





படம் 7.3

(a) பண்பியல் கோடுகளைப் பெறுவதற்கான சுற்று
(b) வோல்ட்—ஆம்பியர் பண்பியல் கோடு.

தடை மாறிலியாகும். அத்துடன் அது நேர்ப் போக்காகவும் உள்ளது. பண்பியல் கோடு நேர்க் கோடாக இல்லாவிடில், மின்தடை மாறு கிறது என்று பொருள். எந்த மின்னழுத்தத்திலும் மின்தடையின் மதிப்பை வரைபடத்திலிருந்து அறியலாம். இதனை DC மின்தடை

என்கிறேம். படத்தில், DC மின்தடை = $\frac{e_d}{i_d}$. இதன் மதிப்பு மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்தது.

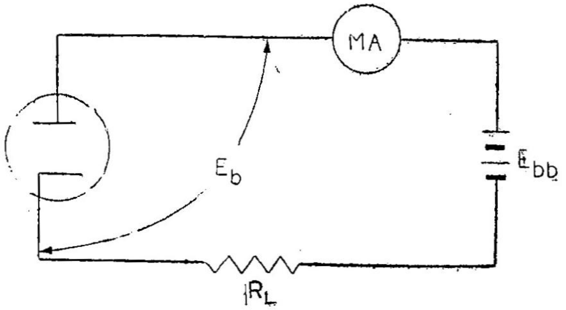
வோல்ட்—ஆம்பியர் பண்பியல் கோடு அதன் மேல் முனையில் மட்டமாகிறது. இதற்கான காரணம் பகுதி [6.3 (3)-ல்] விளக்கப் பட்டது. அஃதாவது தகுந்த அளவு உயர்வான மின்னழுத்தம் ஆனேடில் உள்ளபொழுது உமிழப்படும் எல்லா எலெக்ட்ரான்களை யும் அஃது ஈர்த்துக் கொள்கிறது. இதனுலேயே வெப்பநிலை-வரம்பு டைய மின்னேட்டம் (Temperature limited current) அல்லது தெவிட்டிய மின்னேட்டம் (Saturation current) ஏற்படுகிறது. மற்றும் பண்பியல் கோட்டில் பகுதி OA-யில் சூழ்மின்னூட்ட விளைவு (Space charge effect) ஏற்படுகிறது என்பதும் பகுதி [6.3 (2)]-ல் விளக்கப் பட்டது. பொதுவாகவே, டயோடுகள் சூழ் மின்னுட்டம் ஏற்படும் படியான மின்னழுத்தங்களிலும், வெப்ப நிலைகளிலும் செயல்படு கின்றன. இந்த நிலையில் மின்னேட்டம் I_b-யிக்கும் மின்னழுத்தம் E_b-யிக்கும் உள்ள தொடர்பை

$$I_b = kE_b^{\frac{3}{2}} \quad \dots (7.1)$$

எனச் சைல்டு—லாங்மூயர் விதி (Child—Langmuir law) தரு கிறது. இவ்விதி நடைமுறையில் முற்றிலும் பொருந்துவதில்லை.

7.4 நிலைப் பண்பியல் கோடும் பளுக்கோடும் (Static characteristic and load line)

படம் (7.4)-ல் கண்டவாறு பளு மின்தடை R_L-ல் பாயும் மின் னேட்டத்தைக் கட்டுப்பாட்டில் வைக்க டயோடு பயன்படுவதாகக் கொள்க. டயோடு மின்னேட்டம் பளு மின்தடை வழியாகவும்



படம் 7.4

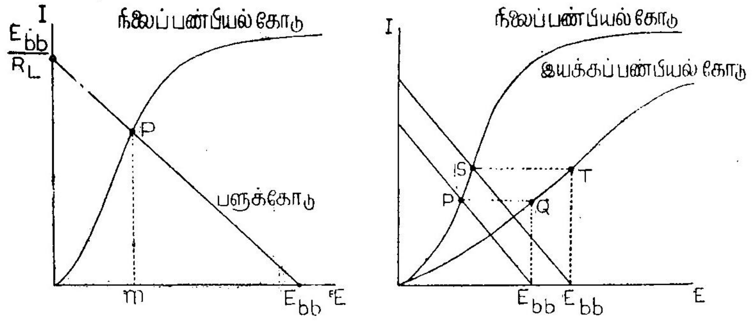
பளு மின்தடையுடைய டயோடு

செல்ல வேண்டுமாதலால், அது பளுவில் மின்னேட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தும். டயோடில் மின்னேட்டம் உள்ளபொழுது அதன்

மின்தடை R_L-உடன் ஒப்பிடக் கணிசமானதாக இருக்கலாம். E_{bb}-யும் R_L-ம் தெரிந்த மதிப்புடையன என்று கொள்வோம். வோல்ட்—ஆம்பியர் பண்பியல் கோட்டினைப் பயன்படுத்திச், சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டத்தை நாம் கணக்கிடலாம். சுற்றில் மின்னோட்டம் I எனில் R_L-ன் முனைகளுக்கிடையே மின்னழுந்த இறக்கம IR_L ஆகும். எனவே, ஆனோடுக்கும், கேத்தோடுக்கும் இடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு E_b எனில்,

$$E_b = E_{bb} - IR_L \qquad \dots (7.2)$$

E_{bb}-யை மூல மின்னழுத்தம் (Source voltage or supply voltage) என்கிறோம். E_{bb}-யே ஆனோடு-கேத்தோடு மின்னழுத்தம் (Anode-Cathode voltage) என்று கொண்டு I-யைக் கணக்கிட்டால் அதன் மதிப்பு மிக உயர்வாகத் தவறான விடை கிடைக்கும். மின்னோட்டமும், ஆனோடு மின்னழுத்தமும் ஒன்றை யொன்று பாதிக்கின்றன. சமன்பாடு (7.2)-லிருந்து E_b மற்றும் I மதிப்புகளைப் பெற வரைபட முறை எளிதானது. சமன்பாடு (7.5)-ல் I-யும், E_b-யும்தாம் மாறும்



படம் 7.5

ராசிகள். I-யையும், E_b-யையும் இணைத்து வரைபடம் வரைந்தால் பளுக்கோடு (Load line) கிடைக்கிறது. இந்த நேர்க் கோடான பளுக்கோட்டின் வாட்டம் (Slope) R_L-ன் மதிப்பைப் பொறுத்தது. மேலும் இக்கோடு x ஆயத்திலும், y ஆயத்திலும் வெட்டும் துண்டுகள் (Intercepts) E_{bb} யையும், R_L-ஐயும் பொறுத்தன. மீண்டும் சமன்பாடு (7.2)-ஐக் கவனிக்க. $I = 0$ எனில் $E_b = E_{bb}$ என்று பெறப்படுகிறது. இப்புள்ளியை x ஆயத்தில் குறிக்க. $E_b = 0$ எனில், $I = \frac{E_{bb}}{R_L}$ ஆகும்; இப்புள்ளியை y ஆயத்தில் குறிக்க. இவ்விரண்டு புள்ளிகளையும் இணைக்கும் நேர்க் கோடுதான் பளுக்கோடு

ஆகும். இந்தப் பளுக்கோட்டின் வாட்டம் $= \tan\theta = -\frac{1}{R_L}$ ஆகிறது E_b மற்றும் I பெறக்கூடிய எல்லா மதிப்புகளும் இந்த பளுக் கோட்டில் பதிய வேண்டும். அப்பொழுதுதான் சமன்பாடு (7.2) நிறைவுறும். மேலும் டயோடு பண்பியல் கோட்டிலும் இந்த I மற்றும் E_b-யின் எல்லா மதிப்புகளும் பதிகின்றன. எனவே, பளுக்கோடு, பண்பியல் கோட்டினை வெட்டும் புள்ளி செயல்படு புள்ளி (Operating point) எனப்படுகிறது. இப்புள்ளி தரும் மதிப்புடைய மின்னோட்டம் I சுற்றில் ஓடுகிறது.

7.5 இயக்கப் பண்பியல்கோடு அல்லது பளுப் பண்பியல் கோடு (Dynamic or load characteristic)

சில சமயங்களில் பளுவுடன் கூடிய டயோடு சுற்றில் மின்னோட்டத்திற்கும் மூல மின்னழுத்தத்திற்கும் (E_{bb}) வரைபடம் தேவைப்படுகிறது. இதனை இயக்கப் பண்பியல் கோடு என்கிறோம். இது டயோடு மின்னோட்டத்தை மூல மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்த ராசியாகக் காட்டுகிறது. (ஒப்பிடுக: டயோடு மின்னோட்டத்தை ஆனோடு மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்த ராசியாகக் காட்டுவது நிலைப் பண்பியல் கோடு ஆகும்). இந்தக் கோட்டினைப் பின்வருமாறு வரையலாம். E_{bb}-யிக்குத் தகுந்த மதிப்புக் கொண்டு, அதற்கான பளுக் கோட்டினை வரைக. செயற்படு புள்ளி (P)-யிலிருந்து கிடைமட்டமாக நகர்ந்து E_{bb} மதிப்பிற்கு நேர் மேலே உள்ள புள்ளி Q-வைக் குறிக்க. இப்போது வேறொரு E_{bb} மதிப்பிற்கு அது போன்றே புள்ளி T யைக் குறிக்க. இந்த முறையில் பல புள்ளிகளைக் குறித்து அவற்றை இயல்பான வளை கோட்டால் சேர்க்கக் கிடைப்பது இயக்கப் பண்பியல் கோடு ஆகும்.

எல்லாப் பளுக் கோடுகளும் இணை கோடுகளாக இருப்பது அறிக. ஏனெனில் E_{bb}-தான் மாறுகிறது; R_L அன்று. வெவ்வேறு பளுக்களுக்கும், மற்றும் வெவ்வேறு டயோடுகளுக்கும் இயக்கப் பண்பியல் கோடுகள் வெவ்வேறானவை. மேலும் இயக்கப் பண்பியல் கோடு நிலைப் பண்பியல் கோட்டை விட நேர்ப் போக்காக இருப்பதையும் காண்க.

7.6 டயோடின் AC மின்தடை (AC) (Resistance of a diode)

ஆனோடு மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் சிறிய மாற்றத்திற்கும் ($\triangle E_b$), அதன் காரணமாக டயோடு மின்னோட்டம் காட்டும் மாற்றத்திற்கும் ($\triangle I_b$) உள்ள விகிதம் டயோடின் AC மின்தடை (R_{ac}) ஆகும்.

$$R_{ac} = \frac{\Delta E_b}{\Delta I_b} \qquad \ldots (7.8)$$

படம் (7.3b)-யிலிருந்து $R_{ac} = \dfrac{\Delta E_b}{\Delta I_b} = \dfrac{1}{\text{வாட்டம்}} = \dfrac{dE_b}{dI_b}$.

இதனையே ஆனோடு மின் எதிர்ப்பு (Anode impedance) என்றும் கூறுவர்.

சமன்பாடு (7.1)-லிருந்து $I_b = kE_b^{\frac{3}{2}}$ ஆகும். இதனைப் பகுதி காண

$$\frac{dI_b}{dE_b} = \frac{3}{2} kE_b^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore \quad R_{ac} = \frac{dE_b}{dI_b} = \frac{2}{3k} E_b^{-\frac{1}{2}} = k_1 E_b^{-\frac{1}{2}}$$

இங்கு $k_1 = \dfrac{2}{3k}$ = மாறிலி

ஆனால் $I_b = kE_b^{\frac{3}{2}}$. எனவே, $E_b^{\frac{3}{2}} = \dfrac{I_b}{k}$.

அல்லது $E_b^{-\frac{1}{2}} = \dfrac{I_b^{-\frac{1}{3}}}{k^{-\frac{1}{3}}}$

$$\therefore \quad R_{ac} = \frac{k_1 I_b^{-\frac{1}{3}}}{k^{-\frac{1}{3}}} = \frac{k_2}{I_b^{\frac{1}{3}}} = \frac{k_2}{\sqrt[3]{I_b}}$$

எனவே, மின்னோட்டத்தின் மும்மடி மூலத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் AC மின்தடை மாறுகிறது. 1 *mA* மின்னோட்டம் உள்ளபொழுது AC மின்தடை 10,000 ஓம்கள் எனில் 8 *mA* மின்னோட்டத்தில் AC மின்தடை என்னவென்று எளிதில் கணக்கிடலாம்.

$$R_{ac} \propto \frac{1}{\sqrt[3]{I_b}}; \text{ ஆதலால் } \frac{R_{ac}}{10{,}000} = \frac{\sqrt[3]{1}}{\sqrt[3]{8}} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore \quad R_{ac} = 5000 \text{ ஓம்கள்.}$$

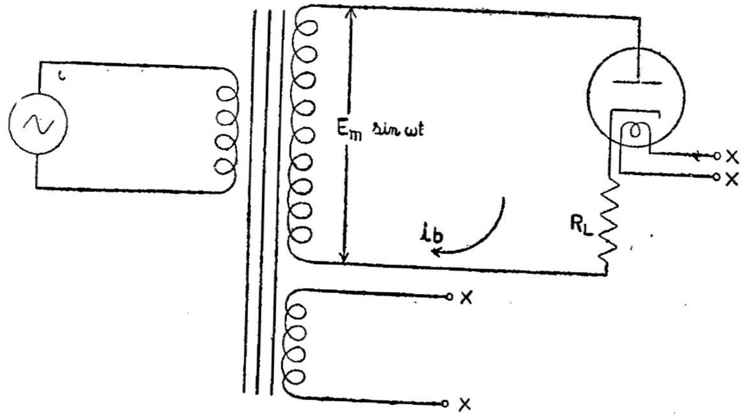
7.7 டயோடின் பயன்கள்

எலெக்ட்ரானியல் கருவிகளில் வெற்றிடக் குழாய்களுக்கு நேர் மின்னழுத்தம் தேவைப்படுகிறது. ஆனால் பொதுவாக எல்லா இடங்களிலும் AC-யே கிடைக்கிறது. இந்த AC-யை DC-யாக மாற்றுவது AC திருத்தியாகும். அவ்விதத் திருத்தியாக டயோடு பயன்படுகிறது. மற்றும் வானொலிப் பெட்டிகளில் அலைப் பண்பிறக்கம் (Detection) செய்யவும் டயோடுகள் பயன்படுகின்றன.

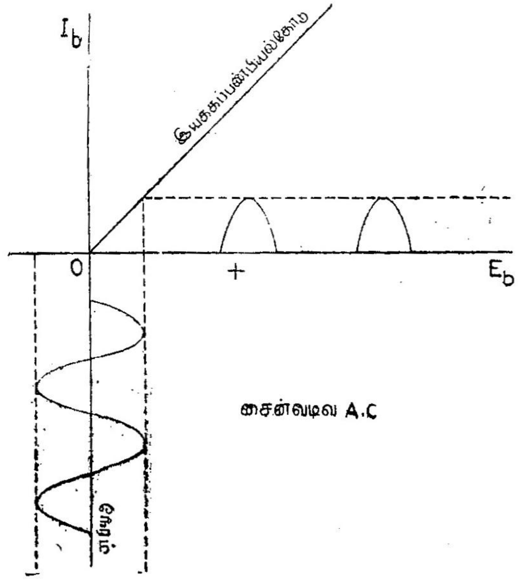
5

7.8 AC திருத்தியாக டயோடு (Diode as AC rectifier)

அரை அலைத் திருத்தம் (Half wave rectification) : கிடைக்கும் மாறுதிசை மின்னழுத்தம் தேவைக் கேற்றபடி மின்மாற்றியைப் (Transformer) பயன்படுத்திப் பெருக்கப்படுகிறது. மின் மாற்றியின்



படம். 7-6 (a). எளிமையான டயோடுதிருத்தி



படம் 7.6b

திருத்தியின் செயல் விளக்கம்—அரை அலைத் திருத்தம்

துணைச் சுற்றில் கிடைக்கும் இந்தப் பெருகிய மின்னழுத்தம் டயோடின் மின்வாய்களுடன் தொடராகப் பளு மின்தடை R_L-வழியாக இணைக்கப்படுகிறது. உள்ளீடு மின்னழுத்தத்தின் நேர் அரைச் சைக்கிளில் ஆனோடு மின்னோட்டம் R_L வழியாகப் பாய்கிறது. இதனால் R_L-ன் முனைகளிடைகய அரை அலை வடிவத்தில் மின்னழுத்தத் துடிப்புகள் (Voltage pulses) தொடர்ந்து தோன்றுகின்றன. எதிர் அரைச் சைக்கிளில் ஆனோடு கேத்தோடைப் பொறுத்து எதிர் மின்னழுத்தம் பெறுவதால் மின்னோட்டம் இல்லை. எனவே, R_L-ன் முனைகளிடையே மின்னழுத்தத் துடிப்புகள் இல்லை. ஆகையால் மாறுதிசை மின்னழுத்தம், நேர் மின்னழுத்தத் துடிப்புகளாக R_L-ன் முனைகளிடையே தோன்றுகிறது. படம் (7.6*b*)-யில் இச் செயல் விளக்கம் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இயக்கப் பண்பியல் கோடு நேர்க்கோடாக இருப்பதால் அலை வடிவத்தில் உருக்குலைவு மிகவும் குறைகிறது. பழக்கத்தில் DC மின்னழுத்தத் துடிப்புகளின் உச்சம் AC-யின் உச்ச மதிப்பில் கணிசமான பங்காக இருத்தல் வேண்டும். அதற்கு R_L, R_{ac}-யை விட அதிகமாக இருத்தல் வேண்டும்.

படம் (7.6*a*)-யில் $e = E_m \sin \omega t$ உள்ளீடு மின்னழுத்தத்தைக் குறிக்கட்டும். நேரம் t-யில் ஆனோடிற்கும் கேத்தோடிற்கும் இடையே மின்னழுத்தம் e_b என்றும், மின்னோட்டம் i_b என்றும் கொள்க. எனவே,

$$e = E_m \sin \omega t = e_b + i_b R_L \qquad \dots (7.4)$$

$$e_b = I_b R_{ac} \text{ ஆதலின் } E_m \sin \omega t = I_b (R_{ac} + R_L) \dots (7.5)$$

$$\therefore \quad i_b = \frac{E_m \sin \omega t}{R_{ac} + R_L} = I_b \sin \omega t \qquad \dots (7.6)$$

இங்கு $I_b = \dfrac{E_m}{R_{ac} + R_L}$ = உச்ச மின்னோட்டம்.

$$\text{திருத்தியின் திறமை (Efficiency)} = \frac{\text{DC திறன் வெளியீடு}}{\text{AC திறன் உள்ளீடு}} \times 100\%$$

$$= \frac{I^2_{dc} R_L}{I^2_{rms} (R_{ac} + R_L)} \times 100\% \qquad \dots (7.7)$$

I_{dc} = அரைச் சைக்கிளில் சராசரி மின்னோட்டம். இதன் உச்ச மதிப்பு I_b ஆதலால், $I_{dc} = \dfrac{I_b}{\pi}$ ஆகும். மேலும் $I_{rms} = \dfrac{I_b}{\sqrt{2}}$ ஆகும். ஆனால், அரைச் சைக்கிளில் மட்டுமே திறன் உள்ளீடு

ஏற்படுவதால் உள்ளிடப்படும் திறன் $= \frac{1}{2}\left(\frac{I_b}{\sqrt{2}}\right)^2 (R_{ac} + R_L)$

எனவே, திறமை

$$= \frac{(I_b/\pi)^2 100}{\frac{1}{2}\left(\frac{I_b}{\sqrt{2}}\right)^2\left(1+\frac{R_{ac}}{R_L}\right)}$$

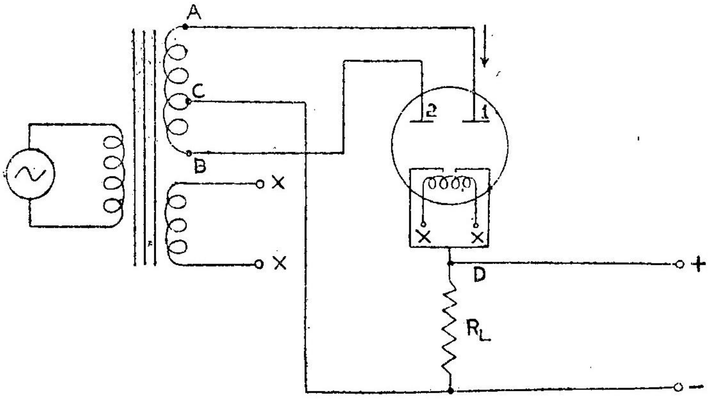
$$= \frac{400}{\pi^2} \cdot \frac{1}{1+\frac{R_{ac}}{R_L}}$$

$$= \frac{40{\cdot}6}{1+\frac{R_{ac}}{R_L}}\ \% \qquad \ldots (7.8)$$

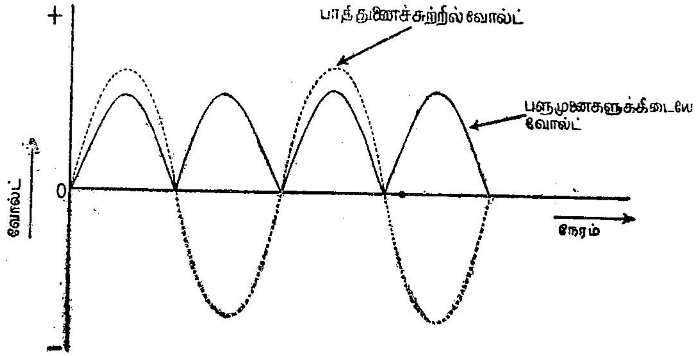
இத் திறமையின் சாத்திய உச்ச மதிப்பு 40·6% ஆகும். R_{ac} சுழியானுல்தான் உச்சமான திறமை ஏற்படும். அஃதாவது R_L-உடன் ஒப்பிட R_{ac}மிகக் குறைவாக வேண்டும். புறச் சுற்றில் உள்ள பளு மின்தடை மூலத்தின் (இங்கு அலைதிருத்தும் குழாய்) அக மின் தடைக்குச் சமமாகும்பொழுது பெருமமான திறமை கிடைக்கும். ஈண்டு $R_{ac} = R_L$ என்ருக வேண்டும். அப்பொழுது திறமை $= \frac{40{\cdot}6}{1+1} = 20{\cdot}3\%$. இதனில் மின் மாற்றியிலும், கேத்தோடு சூடேற்றுவதிலும் செலவாகும் ஆற்றல் புறக்கணிக்கத்தக்கது என்று கொள்ளப்பட்டது.

முழு அலைத் திருத்தம் (Full wave rectification): ஒரே கண்ணுடிக் குழாயினுள் அமைந்த இரட்டை டயோடு முழுஅலைத் திருத்தம் செய்யப் படம் (7.7*a*)-யில் காண்பது போல் பயன் படுகிறது. இந்த இரட்டை டயோடில் இரண்டு ஆனேடுகளும், இரண்டு கேத்தோடுகளும் உள்ளன, இரண்டிற்குமான சூட்டுச் சுருள்கள் பக்க இணைப்பில் உள்ளன.

மின் மாற்றியின் துணைச் சுற்றின் மையத்தில் இணைப்பு (Centre tap) உண்டு. இத் துணைச் சுற்றின் இரு முனைகள் இரண்டு ஆனேடு களுடன் இணைகின்றன. மைய இணைப்புக் கேத்தோடுக்குப் பளு மின்தடை R_L வழியாகச் செல்கிறது. துணைச் சுற்றின் மையம் C எப் பொழுதும் புவி இணைப்பில் (Earth connection) உள்ளது. துணைச் சுற்றின் முனை A அதன் மையத்தைப் பொறுத்து நேர் மின்னழுத்தம் உள்ளபொழுது, முனை B அதே அளவு எதிர் மின்னழுத்தம் பெறு கிறது. எனவே டயோடு 1 கடத்துகிறது; டயோடு 2 கடத்த வில்லை. எலெக்ட்ரான்கள் C-யிலிருந்து D-யிக்கு R_L வழியே பாய் கின்றன. அடுத்த அரைச்சைக்கிளில் A எதிர் மின்னழுத்தமும், B நேர்



(a)



(b)

படம் 7.7

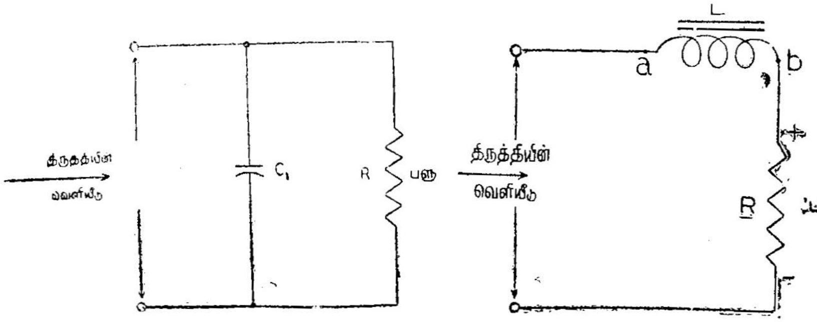
(*a*) முழு அலைத் திருத்தி; (*b*) செயல் விளக்கப் படம்

மின்னழுத்தமும் பெறுகின்றன. எனவே டயோடு 2 கடத்துகிறது. மீண்டும் எலெக்ட்ரான்கள் R_L வழியே C-யிலிருந்து D-யிக்கு முன் சென்ற திசையிலேயே செல்கின்றன.

இவ்வாருகப் படம் (7.7*b*)-யில் கண்டவாறு AC-யின் நேர் மற்றும் எதிர் அரைச் சுற்றுகளில் முழு அலைத்திருத்தியானது DC மின்னழுத்தத் துடிப்புகளை R_L-ன் முனைகளிடையே ஏற்படுத்துகிறது. அரை அலைத்திருத்தியில் ஒன்று விட்ட ஓர் அரைச்சைக்கிளில் மின்னழுத்தத் துடிப்பு ஏற்படாமலிருந்த குறையானது முழு அலைத்திருத்தியில் நீங்கியிருப்பது படத்திலிருந்து விளங்கும். அரை அலைத்திருத்தியைப் போல் இரு மடங்கு செயல் திறமையுடையது முழு அலைத்திருத்தி. இதன் திறமைக்கான கோவையைத் தருவித்தலை ஒரு பயிற்சியாகக் கொள்க.

7.9 துடிப்படக்கச் சுற்றுகளும், குற்றலை எண்ணும் (Smoothing circuits and ripple factor)

திருத்தியிலிருந்து கிடைக்கும் மின்னழுத்தம் சுழிக்கும் பெருமத் திற்குமாக ஏறி இறங்கித் துடிக்கிறது. இத் துடிப்புகள் அரை அலைத்திருத்தியில் சைக்கிளுக்கு ஒரு முறையும், முழு அலைத்திருத் தியில் சைக்கிளுக்கு இருமுறையும் ஏற்படுகிறது. எலெக்ட்ரானி யலில் தேவைப் படுகின்ற உயர் மின்னழுத்தத்தில் ($H.T$- யில்) இத்தகைய ஏற்ற இறக்கங்கள் சேதம் விளைவிக்கும். ஆகவே ஏற்ற இறக்கங்களைக் குற்றலைகளாக (Ripples) மாற்ற மின்நிலைமம், மின் தேக்கம் உடைய வடிச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். இவை துடிப்படக்கச் சுற்றுகள் எனப்படும். படம் (7.8)-ல் இரண்டு வகை வடிச் சுற்றுகள் காணப்படுகின்றன.



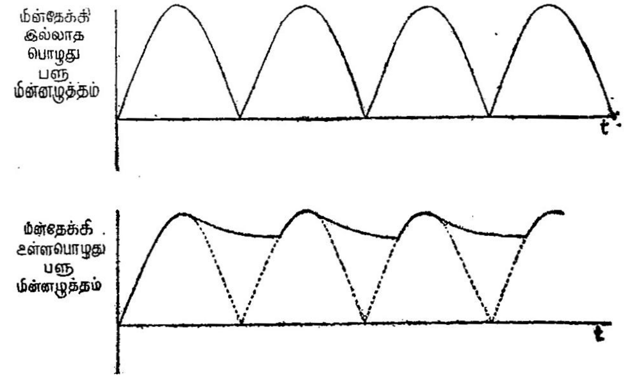
(*a*) படம் 7.8 (*b*)

துடிப்படக்கச் சுற்றுகள்

(*a*) மின்தேக்க வடிச் சுற்று; (*b*) மின்நிலைம வடிச் சுற்று

மின்தேக்கி வடிச் சுற்றுப் பயன்படும்பொழுது திருத்தியானது மின்கடத்தும் அரைச் சைக்கிள் நேரத்தில், மின் தேக்கி C_1 மின்னேற்றம் பெற்றுக் கடத்தாத அரைச் சைக்கிள் நேரத்தில் மின்னிறக்குகிறது. C_1- ஐ மட்டும் சேமிப்பு மின் தேக்கி (**Reservoir condenser**) -ஆகப் பயன்படுத்தி, மின்னழுத்த ஏற்ற இறக்கம் படம் (7.9)-ல் காண்பது போல் குறைக்கப்படுகிறது. இதற்கு C_1 கணிச மான மின்தேக்கு திறனுடையதாக வேண்டும். தொடக்கத்தில், ஆனோடில் நேர் மின்னழுத்தம் ஏறுமுகமாக உச்சமதிப்பு அடையும் பொழுது (அதாவது முதல் கால் சைக்கிளில்) உள்ள டயோடு மின் னோட்டம் C_1-க்கு மின்னூட்டம் தருகிறது. டயோடின் மின் தடை குறைவானால் C_1 பெறும் மின்னழுத்தம் வோல்ட்டேஜ் துடிப்பின் உச்சமதிப்பிற்குச் சமமாகும். இரண்டாவது கால் சைக்கிளில், ஆனோடில் மின்னழுத்தம் இறங்கு முகமாகிறது.

அப்போது ஆனோடானது கேத்தோடைப் பொறுத்து எதிர் மின்ன ழுத்தம் உடையதாகிறது. எனவே, டயோடில் மின்னோட்டம் இல்லை. அத்துடன் C_1-ன் மின்னழுத்தம் ஆனோடின் மின்ழுத்தத்தைவிட



படம் 7.9

துடிப்படக்கச் சுற்றுகளில் மின்னழுத்த அலைவடிவம்

அதிகமானதால் C_1, R_L வழியாக மின்னிறக்குகிறது. எனவே, R_L-ல் இப்பொழுதும் மின்னோட்டம் உள்ளது. மீண்டும் மூன்றுவது கால் சைக்கிளில் ஆனோடு மின்னழுத்தம் ஏறுமுகமாகி C_1-ன் மின்ன ழுத்தத்தைவிட அதிகமாகும்பொழுது, C_1 தான் இழந்த மின்னூட்டத்தை நிறைவு செய்கிறது. மீண்டும் இரண்டாவது கால்சைக்கிளில் நிகழ்ந்தவாறே நிகழ்கிறது. ஆக, R_L-ன் முனை களிடை உள்ள மின்னழுத்தத்தின் ஏற்ற இறக்கங்களின் அளவு குறைக்கப்படுகிறது. எனவே, திருத்தி கொடுக்கும் மின்னழுத்தம் கூடியவரை நிலையாகிறது.

மின்நிலைம வடிச் சுற்றைப் பயன்படுத்தும்பொழுது, முதல் கால் சைக்கிளில், மின்னழுத்தம் ஏறுமுகமாக உள்ளதால் ஆனோடு மின்னோட்டமும் மின்நிலைமம் வழியே ஏறுமுகமாகிறது. ஆனால் மின்நிலைமம் இதனை எதிர்த்துத் திசை ba-யில் ஓர் எதிர் மின் இயக்குவிசையைத் தூண்டுகிறது. இந்த எதிர் மின்னியக்கு விசை உச்ச மின்னழுத்தத்தைவிட மிகக் குறைவேயாம். இரண் டாவது கால் சைக்கிளில் மின்னழுத்தம் இறங்குமுகமாக ஆனோடு மின்னோட்டமும் இறங்குமுகமாகிறது. ஆனால் மின்நிலைமம் தூண்டும் மின்னியக்குவிசை இப்பொழுது திசை ab-யில் செயல் படுகிறது. எனவே, R_L-ன் முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்தம் கூடியவரை நிலையாகிறது.

குற்றலை எண் (Ripple factor) : பளு R_L-ன் முனைகளிடையே தோன்றும் மின்னழுத்தம் DC ஆனாலும், அஃது ஏற்றஇறக்கங்கள் உடையதாக உள்ளது. இதனை ஒரு சராசரி மதிப்புடைய நேர்மின்னழுத்தமும், அதன்மீது மேற்பொருந்திய சிறிய அளவு AC மின்னழுத்தமும் கலந்ததாகக் கருதலாம். இந்த AC கூறுகளின் விளைவுறு மதிப்பிற்கும், DC-யின் மதிப்பிற்கும் உள்ள விகிதம் குற்றலை எண் எனப்படும்.

$$\text{குற்றலை எண்} = \frac{\text{AC கூறுகளின் விளைவுறு மதிப்பு}}{\text{DC-யின் மதிப்பு}}$$

அரை மற்றும் முழு அலைத்திருத்திகளின் குற்றலை எண்: அரை அலைத்திருத்தியின் வெளியீட்டில் மின்னோட்டத்தின் கணமதிப்பு i என்றும், அதில் DC கூறின் சராசரி மதிப்பு I_{dc} என்றும் கொண்டால் வெளியீட்டில் உள்ள AC கூறுகளின் கணமதிப்பு $i'=i-I_{dc}$ ஆகும். இதன் விளையுறு மதிப்பு $I'_{rms}=\sqrt{I^2_{rms}-I^2_{dc}}$ ஆகும். (இங்கு I_{rms} என்பது i-யின் விளைவுறு மதிப்பு ஆகும்). எனவே, அரை அலைத்திருத்தியின் குற்றலை எண் (γ) ணுக்கான சமன்பாடு

$$\gamma=\frac{\sqrt{I^2_{rms}-I^2_{dc}}}{\sqrt{I^2_{dc}}}=\sqrt{\left\{\left(\frac{I_{rms}}{I_{dc}}\right)^2-1\right\}} \quad \dots (7.9)$$

ஆகும். ஆனல் $I_{rms}=\dfrac{I_m}{2}$; மற்றும் $I_{dc}=\dfrac{I_m}{\pi}$ என்றறிவோம்.

ஆதலால்,

$$\gamma=\left\{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2-1\right\}^{\frac{1}{2}}=\left\{(1{\cdot}57)^2-1\right\}^{\frac{1}{2}}=1{\cdot}21.$$

இங்கு $\gamma > 1$ என அறிவதால், திருத்தியின் வெளியீட்டில் DC கூறினைவிட AC கூறு அதிகமான மின்னழுத்தம் தோற்றுவிக்கிறது. எனவே, அரை அலைத் திருத்தி திருப்திகரமாகச் செயல்படவில்லை.

முழு அலைத் திருத்திக்கான குற்றலை எண்ணைக் கணக்கிடுவோம். முன்போலவே வெளியீட்டு மின்னோட்டத்திலுள்ள AC கூறுகளின் விளைவுறு மதிப்பு I'_{rms} என்றும், மொத்த வெளியீட்டு மின்னோட்டத்தின் விளைவுறு மதிப்பு I_{rms} என்றும் கொள்க. எனவே, $I'_{rms}=\sqrt{(I^2_{rms}-I^2_{dc})}$ ஆகும். ஆதலால்,

$$\gamma=\sqrt{\left(\frac{I^2_{rms}-I^2_{dc}}{I^2_{dc}}\right)}=\sqrt{\left\{\left(\frac{I_{rms}}{I_{dc}}\right)^2-1\right\}}$$

ஆனால், $I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$; மற்றும் $I_{dc} = \frac{2\,I_m}{\pi}$ ஆகும்.

எனவே, $\frac{I_{rms}}{I_{dc}} = \frac{I_m/\sqrt{2}}{2\,I_m/\pi} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1{\cdot}11$

$\therefore\ \gamma = \sqrt{(1{\cdot}11)^2 - 1} = 0{\cdot}48$ ஆகும்.

அரை அலைத் திருத்தியை விட முழு அலைத்திருத்தியில் குற்றலை எண் குறைவு எனத் தெரிகிறது. அலைத்திருத்தம் ஓரளவிற்குச் செவ்வையாகிறது.

குற்றலை எண்மதிப்புக் குறையக் குறைய அலைத் திருத்தம் சிறப்பாக நிகழ்கிறது. எலெக்ட்ரானியலில் குற்றலை எண் மதிப்பு 0·001 அல்லது அதற்கும் குறைவாகத் தேவைப்படுகிறது. இத்துணைச் சிறப்பாக மின்தேக்கி வடிச் சுற்றோ, மின் நிலைம வடிச்சுற்றோ செயல்படுவதில்லை, ஆனாலும் மின்தேக்கி வடிச்சுற்று மின்நிலைம வடிச் சுற்றைவிடத் திறமையானது. அஃது இணைக்கப்பட்ட திருத்தி தரும் நேர் மின்னழுத்தத்தின் குற்றலை எண், மின்நிலைம வடிச்சுற்று இணைக்கப்பட்ட திருத்தி தரும் நேர் மின்னழுத்தத்தின் குற்றலை எண்ணைவிடக் குறைவாகும். மின்நிலைம மற்றும் மின்தேக்கி வடிச் சுற்று இணைக்கப்பட்ட முழு அலைத் திருத்தியின் குற்றலை எண்கள் முறையே $\frac{0{\cdot}236}{\omega LR}$ மற்றும் $\frac{1}{4\sqrt{3}\,fRC}$ என நிறுவலாம்.

[இங்கு f = திருத்தப்படும் AC-யின் அதிர்வெண்]

$\omega = 2\pi f$

R = பளு மின்தடை

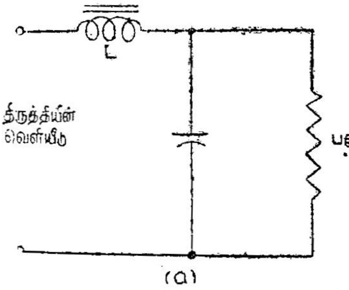
L = வடிக்கும் தன்மின் நிலைமம்

C = வடிக்கும் மின்தேக்கு திறன்]

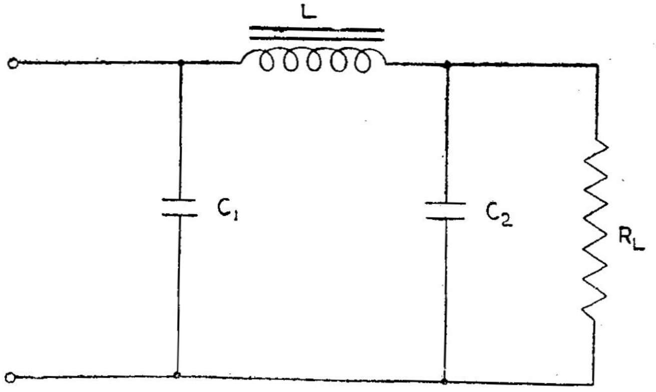
இவற்றையும் விடச் சிறப்பாகச் செயல்படும் வடிச் சுற்றுகள் உண்டு. அவற்றில் இரண்டு படம் (7.10)-ல் காணப்படுகின்றன.

படம் (7.10a)-யில் உள்ளது L-கணு மின்நிலைம உள்ளீடு வடிச்சுற்று (L - Section inductance input filter) ஆகும். மற்றும் (7.10b)-யில் உள்ளது π-கணு மின்தேக்கி உள்ளீடு வடிச் சுற்று (π-Section capacitor input filter) ஆகும். இவற்றில் கண்ட மின் நிலைம, மின்தேக்கிகளின் மதிப்புகள் முறையே $5-10H$, $8-16\mu F$ என்ற நெடுக்கத்தில் உள்ளன. திருத்தியின் வெளியீடு மின்னழுத்தமானது ஒரு DC மின்னழுத்தத்தின்மீது மேற் பொருந்திய AC

மின்னழுத்தமும் கலந்தது என்று சொன்னோம். இந்த AC-யின் அதிர் வெண்ணைப் பொறுத்து, மேற் சொன்ன துடிப் படக்கச் சுற்றுகள்



படம் 7.10a



படம் 7.10b

மின்நிலைம—மின்தேக்கி வடிச் சுற்றுகள்

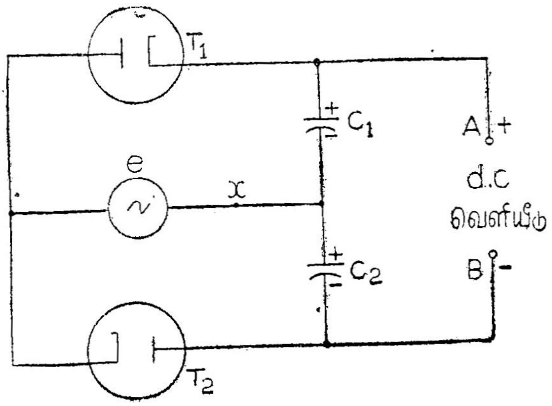
(*a*) *L*-கணு மின்நிலைம உள்ளீடு; (*b*) π-கணு மின்தேக்கி உள்ளீடு

செயல்படுகின்றன. வெளியீடு மின்னழுத்தத்திலுள்ள AC-யின் அதிர்வெண் குறைவாக உள்ளபொழுது மின்நிலைமம் L மிகுதியான மின் மறுப்பும் ($L\omega$), மின்தேக்கி குறைவான மின் மறுப்பும் $\left(\frac{1}{C\omega}\right)$ தருவதால் இந்த AC கூறுகள் C யைக் குறுக்குப் பாதையாகக் (By pass) கொள்கின்றன. எனவே AC கூறுகள் R_L ன் முனைகளிடையே தோன்றுவதில்லை; DC மின்னழுத்தம் மட்டுமே தோன்றுகிறது. படம் (7.10*b*)-யில் கண்ட சுற்றும் மேற் சொன்னவாறே செயல்படு கிறது. ஆனால் மின்தேக்கி C_1 ஒரு சேமிப்பு மின்தேக்கியாக இப் பகுதியின் தொடக்கத்தில் சொல்லியவாறே செயல்படுகிறது. இதனால் குற்றலை எண் மதிப்பு மேலும் குறைகிறது.

7.10 மின்னழுத்த இரட்டிப்பான் (Voltage doubler)

கணிசமான உயர் மின்னழுத்தத்தைப் பெற, பெருக்கு மின் மாற்றியைப் (Step up transformer) பயன்படுத்தி, அதன் வெளியீட்டைத் திருத்தியில் உள்ளீடாக்கலாம். ஆனால் உயர் மின்னழுத்தம் மட்டாகவே வேண்டுமெனில் மின்தேக்கியைப் பயன்படுத்தியே இதனைப் பெறலாம்; மின் மாற்றி தேவையில்லை. அத்துடன் மீஉயர் மின்னழுத்தத்தைத் தாங்கக் கூடிய வெற்றிடக் குழாயும் தேவையில்லை.

படம் (7.11)-ல் காண்பது மின்னழுத்த இரட்டிப்பான் எனப்படும். AC-யின் முதல் அரைச்சைக்கிளில் குழாய் T_1 மின்கடத்த,



படம் 7.11

மின்னழுத்த இரட்டிப்பான்

C_1 மின்னூட்டப்படுவதால் அது AC-யின் உச்ச மதிப்புக்கு ஏறத்தாழச் சமமான மின்னழுத்தம் பெறுகிறது. அடுத்த அரைச் சைக்கிளில் குழாய் T_2 மின்கடத்த C -ம் AC-யின் உச்சமான மின்னழுத்தம் பெறுகிறது. எனவே வெளியீடு வாய்கள் AB-யின் இடையே பெறப்படும் மின்னழுத்தம் மின் மூலத்தின் உச்ச மின்னழுத்தத்தைப் போல் இரட்டிப்பாகிறது. AB-இடையே பளு மின்தடை இணைக்கப்பட்டால், வெளியீடு மின்னழுத்தம் குறையும். C_1, C_2 இரண்டும் இந்தப் பளுவின் வழியே மின்னிறக்கம் செய்ய வழியுண்டு. இப்படி அவை இழக்கும் மின்னூட்டத்தை மீண்டும் அடுத்த அரைச் சைக்கிள்களில் நிறைவு செய்து கொள்கின்றன.

7.11 மின்னழுத்த நிலைப்பாடு (Voltage stabilisation)

பளுவில் பாயும் மின்னோட்டத்தைப் பொறுத்து வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் மாறுபடுவது நல்லதன்று. பளு மாறினாலும், தான் வெளியிடும் மின்னழுத்தத்தை மாற்றாமல் நிலையாக்கும் திறனைக் குறிக்க மின்னழுத்த நிலைப்பாட்டுத் திறன் (Voltage regulation) என்ற சொற்றொடர் பயன்படுகிறது.

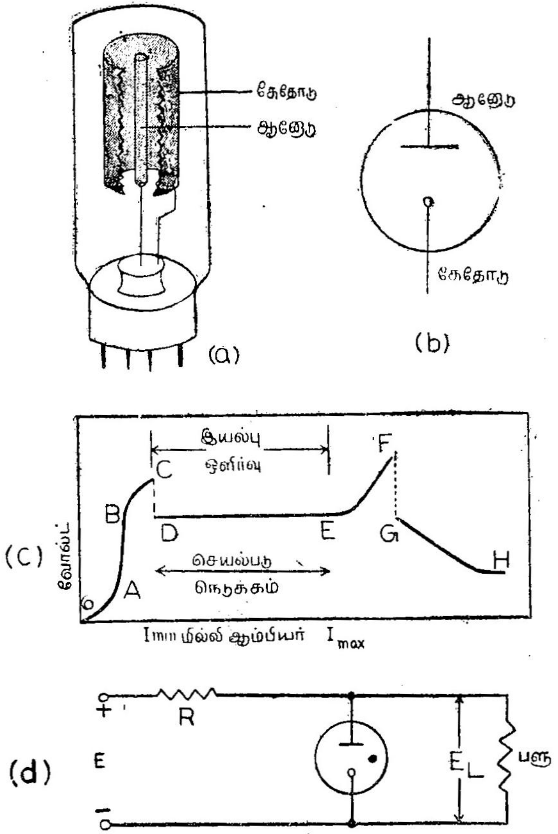
$$\left.\begin{array}{l}\text{மின்னழுத்த}\\\text{நிலைப்பாட்டுத்}\\\text{திறன்}\end{array}\right\} = \frac{\left[\begin{array}{c}\text{பளு இன்றி}\\\text{மின்னழுத்தம்}\end{array}\right] - \left[\begin{array}{c}\text{உச்ச பளு}\\\text{மின்னழுத்தம்}\end{array}\right]}{\text{உச்ச பளு மின்னழுத்தம்}} \times 100\%$$

என்று வரையறுக்கப்படுகிறது. வெளியீடு மின்னழுத்தம் மாறாதிருந்தால் மேற் சொன்ன விகிதம் குறைவு; நிலைப்பாடு அதிகம். மின்னழுத்தம் நிலையின்றி மாறுவதன் காரணங்களாகக் குழாயின் மின்தடை, வடிச் சுற்றிலுள்ள மின் நிலைமங்களின் மின்தடைகள், மின் மாற்றியில் ஏற்படும் மின்னழுத்த இறக்கம், வடிக்கும் மின் தேக்கிகள், மின்இறக்குதல் ஆகியவற்றைக் கூறலாம். சுற்றினையும், அதன் உறுப்புகளையும் தக்கவாறு தேர்ந்தமைப்பதாலேயே நிலைப்பாட்டைப் பெற இயலும்.

நிலைப்பாடு மிகவும் முக்கியமாகத் தேவையானால், வாயு நிறைந்த குழாய்களைப் (Gas filled tubes) பயன்படுத்தி அலைத் திருத்தம் செய்யலாம். இந்த நிலைப்பாட்டை எலெக்ட்ரானியல் சுற்றுகளைக் கொண்டும் பெறலாம்.

வாயு நிறைந்த குழாய்கள் : இவற்றில் இரு வகை யுண்டு. (1) குளிர் கேத்தோடு வகை; (2) வெப்பக் கேத்தோடு வகை. குளிர் கேத்தோடு வகைக் குழாய்கள் பெரும்பாலும் டயோடுகளே. இரண்டாவது வகையில் டயோடு, டிரயோடு, மற்றும் டெட்ரோடு, மேலும் பாதரசக் குழாய்கள் என்பன அடங்கும்.

இங்கு நமது கவனத்திற்குரியது குளிர் கேத்தோடுகள் டயோடு (Cold cathode diode) ஆகும். இதன் அமைப்புப் படம் (7.2a)-யில் காணப்படுகிறது. இதன் கேத்தோடு உள்ளீடற்ற உருளையாகும். அவ்வுருளையின் அச்சாக உள்ள கம்பி ஆனோடு ஆகும். இதனுள் குறை அழுத்தத்தில் நியான், ஆர்கான், ஹீலியம் அல்லது இவற்றின் கலவையான வாயு நிறைந்துள்ளது. வாயு நிறைந்த குழாய்களைப் படத்தில் குறிப்பிட வட்டத்தினுள் ஒரு கரும் புள்ளி வைக்கப்படுகிறது (படம் 7.12b). கேத்தோடிலிருந்து நீளும் ஒரு கம்பியின் முனை ஆனோடுக்கு வெகு அருகாமையில் உள்ளது. இதனால்



படம் 7.12

மின்னிறக்கம் தொடங்குவதற்குத் தேவையான மின்னழுத்த மதிப்புக் குறையும்.

இரண்டு மின்வாய்களுக்கும் இடையே குறை அழுத்தத்தில் உள்ள வாயுவில் எப்போதும் சில அயனிகளும், எலெட்க்ரான்களும் (காஸ்மிக் கதிர் அல்லது புற ஊதாக் கதிர் வீச்சுக் காரணமாக ஏற்படுபவை) உள்ளன. இரண்டு மின்வாய்களுக்கும் இடையே சிறிது மின்னழுத்தம் செலுத்தப்பட்டால் அயனிகளும் எலெக்ட்ரான்களும் மின்வாய்களை நோக்கி ஈர்க்கப்படுகின்றன. மின்னழுத்தம் உயர்ந்தால், இவை அதிக அளவில் மின்வாய்களால் ஈர்க்கப்பட்டு மின்னோட்டம் நேர்ப் போக்காக அதிகரிக்கும். படம் (7.12c)-யில் பகுதி *OA* காண்க. இதனில் நிலையான மின்னோட்டம் நிகழும் பகுதியான *AB* என்பது அயனிகளும் எலெட்ரான்களும்

தோன்றியவுடனேயே ஈர்க்கப்படுவதால் மின்னோட்டத் தெவிட்டம் ஏற்படுவதைக் காட்டுகிறது. அயனியாக்கும் கதிர் வீச்சு நீக்கப்பட்டால், குழாயில் நிகழும் மின்னிறக்கமும் நின்று விடும். இப்பொழுது மின்னிறக்கம் தானாகவே நிகழ இயலாது.

மின்னழுத்தம் மேலும் உயர்ந்து புள்ளி *B*-யைக் கடக்க, மின் புலச்செறிவும் உயர்கிறது. இப்பொழுது சில எலெக்ட்ரான்கள் வாயு அணுக்களின்மீது மோதி அவற்றை அயனியாக்கும் அளவிற்கு ஆற்றல் பெறுகின்றன. இந்நிகழ்ச்சி தொடர்ந்து நிகழ மின்னோட்டம் எக்ஸ்பொனன்ஷியலாக உயர்கிறது (*BC* காண்க). நேர் அயனிகள் கேத்தோடின் மீது மோதிப் பின்வரு எலெக்ட்ரான் உமிழ்வைத் தோற்றுவிக்கும் அளவிற்கு நேர் அயனிகளை முடுக்கும் மின்னழுத்தம் புள்ளி *C*-யில் உள்ளது. உமிழப்பட்ட பின்வரு எலெக்ட்ரான்கள் வாயு அணுக்களை மேலும் அயனியாக்குகின்றன. இவை கேத்தோடின்மீது மோதுவதால் மேலும் பின்வரு எலெக்ட்ரான்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இவ்விதமாக மின்னிறக்கமானது புறக் கதிர்வீச்சுத் துணையின்றித் தானாகவே நிகழ இயலும்; அஃதாவது வாயு முறிகிறது. தற்போது உள்ள மின்னழுத்தமானது முறிமின்னழுத்தம் (Break down potential) எனப்படும். வாயு முறிவு (Break down) ஏற்படும்பொழுது குழாயில் மின்னழுத்தம் *D*-யிக்குக் குறைகிறது; கேத்தோடு ஒளிர்கிறது. இந்த நிலையான மின்னழுத்த இறக்கமானது மின்னழுத்த நிலைப்பாட்டுக் குழாய்களில் (Voltage regulator tubes) பயன்படுகிறது. மின்னோட்டம் உயரும்பொழுது கேத்தோடு ஒளிர்வு அதன் பரப்பின்மீது பரவுகிறது. இதனால் கேத்தோடுக்கருகில் மின்னோட்டச் செறிவும் ஏறத்தாழ நிலையாகும். கேத்தோடு முழுவதும் ஒளிர்ந்த பின் மின்னோட்டம் மேலும் உயர்ந்தால், குழாயில் மின்னழுத்தமும் உயரும் (பகுதி *EF*). இதற்கு மேலும் மின்னோட்டம் உயர்ந்தால் மின்வில் (Arc) தோன்றும். தற்பொழுது மின்வாய்களிடையே உள்ள மின்னழுத்தம், முறி மின்னழுத்தத்திற்கு ஏறத் தாழச் சமமாயிருக்கும். ஆனால் கேத்தோடு சூடேறிப் பாழாகும். இதனால் குழாயிலிருந்து பெறப்படும் மின்னோட்டம் புள்ளி *F*-க்குக் கணிசமாகக் கீழே யிருத்தல் வேண்டும்.

இந்த *VR* குழாயின் இயல்பு ஒளிர்வுப் பகுதியைப் பயன்படுத்தி மின்னழுத்த நிலைப்பாட்டுச் சுற்றுகள் அமைக்கப் படுகின்றன. முறி மின்னழுத்தத்தை எட்டியவுடன், மின்னோட்டம் மாறினாலும் மின்னழுத்தம் நிலையாகவுள்ளது. குழாயின் மின்வாய்களுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்தம் கேத்தோடின் மூலப்பொருளையும், குழாயில் நிறைந்துள்ள வாயுவையும் பொறுத்தது. குழாயில் அடைக்கப்பட்ட வாயுக் கலவையைப் பொறுத்து, அது நிலைப்

படுத்தும் மின்னழுத்தம் $75V$ முதல் $150V$ வரையிலான வெவ்வேறு மதிப்புப் பெறும்.

படம் (7.12d)-யில் மின்னழுத்த நிலைப்பாட்டுச் சுற்றுக் காணப் படுகிறது. பளுவிலும், குழாயிலும் ஓடும் மின்னோட்டங்களின் கூட்டுத் தொகை R-ல் மின்னழுத்த இறக்கத்தைத் தோற்றுவிக் கின்றது. அலைத்திருத்தி தரும் மின்னழுத்தத்திற்கும், VR குழாயில் உள்ள மின்னழுத்தத்திற்குமான வேறுபாடு R-ன் முனைகளிடையே உள்ள மின்னழுத்தமாகும். பளுவில் மின்னோட்டம் குறைவதாகக் கொள்க. அப்பொழுது R-ல் மின்னழுத்தத்தையும், பளுவில் வெளியீட்டு மினனழுத்தம் E_L-ஐயும் நிலையாக்கும் வகையில் குழாயில் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும்.

அலைத்திருத்தியின் மின்னழுத்தம் E என்றும், குழாய் தாங்கக் கூடிய பெரும மின்னோட்டம் I_{max} என்றும் கொண்டால் $R = \frac{E-E_L}{I_{max}}$ என்று R-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம். குழாயில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு மேற் சொன்ன பெரும வரம்புடன் ஒரு சிறும வரம்பும் உண்டு. இச் சிறும வரம்பு I_{min} எனில், பளுவில் சுழி முதல் $(I_{max}-I_{min})$ மதிப்பு வரை மின்னோட்டம் பாயலாம். இதனால் VR குழாயின் செயல்படு நெடுக்கத்திலிருந்து விலக வாய்ப்பில்லை.

7.12 டயோடு செயல்பாட்டு வரம்புகள் (Ratings of diodes)

டயோடின் செயற்றிறன் அது செலுத்தும் (1) உச்சமின்னோட்டம் (Peak current), (2) ஆனோடின் வெப்பம் உமிழ்திறன் (Plate dissipation ability), (3) கேத்தோடு-ஆனோடு எதிர் மின்னழுத்தம் (Peak inverse voltage between cathode and anode) ஆகியவற்றைப் பொறுத்தது. டயோடின் DC மின்தடையில் ஏற்படும் மின்னழுத்த இறக்கம் மிக அதிகமாக இல்லாதவாறு பாயும் மின்னோட்டமே அதற்கான உச்ச மதிப்பாகும்.

ஆனோடின் வெப்ப நிலைக்கும் ஓர் உச்ச மதிப்பு உண்டு. இதைத் தாண்டக் கூடாது. எலெக்ட்ரான்களைத் தடுத்து நிறுத்துவதால் ஏற்படும் இந்த வெப்பநிலை, உயருமாயின் ஆனோடே எலெக்ட்ரான்களை உமிழத் தொடங்கும். டயோடு மின் கடத்தாதபொழுது, கேத்தோடுஆனோடு இடையே உள்ள எதிர் மின்னழுத்தமும் உயர்வாகக் கூடாது; அப்படியாகுமேயானால் டயோடில் மின் விரிசல் (Electrical break down) ஏற்பட்டுக் குறுக்குச் சுற்று (Short circuit) தோன்றும்.

8. வெற்றிட டிரயோடு—மின்னழுத்தப் பெருக்கியாக அதன் பயன்

(The Vacuum Triode and its application as a voltage amplifier)

1907-ல் டி ஃபாரஸ்ட் (De Forest) என்பார் டயோடில் ஆனேடிற்கும், கேத்தோடிற்கும் இடையே மற்றொரு மின்வாயைப் பொருத்தினர். இந்த மூன்ருவது மின்வாய் கம்பிவலை வடிவத்தில் உள்ளது. எனவே, கிரிடு (Grid) எனப்பட்டது. இதன் பயனுக எலெக்ட்ரானியல் புது வேகத்துடன் வளரலாயிற்று.

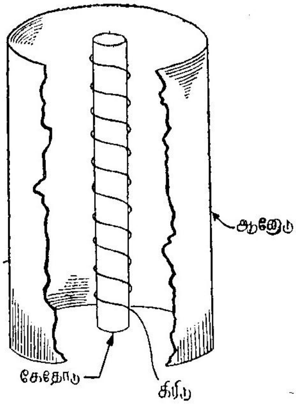
8.1 கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு (Control grid)

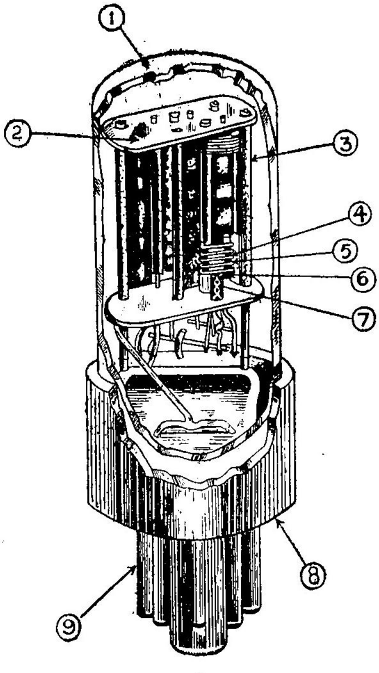
டிரயோடில் கிரிடின் செயல் ஆனேடு மின்னேட்டத்தைக் கட்டுபாட்டில் வைப்பதாகும். எனவே, பல மின்வாய்க் குழாய்களில் உள்ள வேறு கிரிடுகளினின்றும் வேறுபடுத்திக் காட்ட இதனைக் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு என்கிறோம்.

டயோடில் உள்ள மின்னேட்டம் சூழ் மின்னூட்டத்தால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. சூழ் மின்னூட்டத்தைப் பொறுத்து மின்னேட்டம் மாறுகிறது. இந்தச் சூழ் மின்னூட்டத்துடன் சேர்ந்து கிரிடும் மின்னேட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. பொதுவாகக் கிரிடு ஆனேடு மின்னேட்டத்தைக் குறைக்கவே பயன்படுகிறது. சூழ் மின்னூட்டத்தை எதிர்ப்பதால் மின்னேட்டத்தைக் கூட்டு வதற்கு அன்று.

கேத்தோடின் அருகே சூழ் மின்னூட்டம் அதிகம்; அந்தப் பகுதியிலேயே கிரிடும் அமைகிறது. இது கேத்தோடைச் சூழ்ந்து, ஆனேடை விடக் கேத்தோடிற்கு அண்மையில் அமைகிறது. கேத்தோடு உமிழும் எலெக்ட்ரான்களை அஃது ஈர்த்துக் கொள்ளக் கூடாது. எனவே மெல்லிய கம்பியாலான நீண்ட சுருள் வடிவ முடையது. ஆதலால் எலெக்ட்ரான்கள் இக்கம்பிச் சுற்றுகளின் இடைவெளி வழியே புகுந்து ஆனேடை அடையலாம். படம்(8.1)-ல்

இந்த அமைப்புக் காணப்படும். கேத்தோடைப் பொறுத்துக் கிரிடு கணிசமான அளவு எதிர் மின்னழுத்தம் உடைய தெனில் அஃது ஈர்க்கும் எலெக்ட்ரான்கள் மிக மிகக் குறைவு. அதன் வெப்பநிலை குறைவானதால் எலெக்ட்ரான்களை அஃது உமிழ்வ தில்லை. எனவே, எலெக்ட்ரான்களை உமிழாமலும், ஈர்க் காமலும் அவற்றின் வேகத்தை மட்டுமே கிரிடு குறைக்கிறது.





படம் 8.1

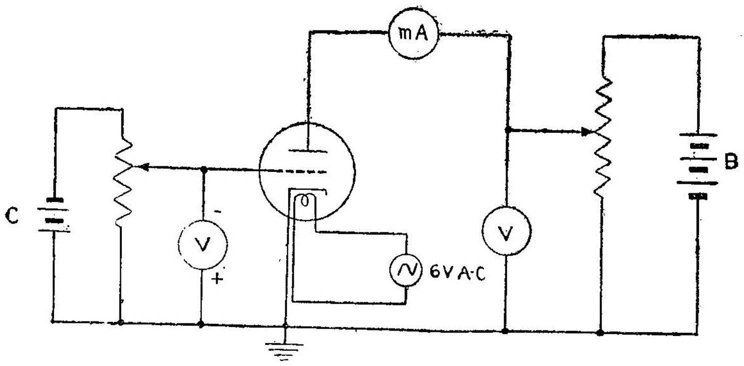
(a) டிரயோடுக்குள் கிரிடின் இடம்
(b) டிரயோடின் அமைப்பு

சூழ் மின்னூட்ட வரம்புடைய மின்னோட்டம் கேத்தோடின் அருகே யுள்ள மின்புல வலிமையைப் பொறுத்தது. ஆனோடின் நேர் மின்ன ழுத்தத்தால் ஏற்பட்ட முடுக்கும் புலத்தின் வலிமை, சூழ்மின் னூட்டத்தால் ஏற்பட்ட எதிர்க்கும் புலத்தின் வலிமைக்குச் சமமாகும்பொழுது, மாறு மதிப்புடன் மின்னோட்டம் உள்ளது. சூழ் மின்னூட்டத்தால் ஏற்பட்ட எதிர்க்கும் புலத்தின் வலிமையை உயர்த்துகின்ற அல்லது குறைக்கின்ற எதுவும் மின்னோட்டத்தைக் குறைக்கும் அல்லது கூட்டும். இதுதான் கிரிடின் செயல் ஆகும்.

குறிப்பிட்ட அளவு மின்னழுத்தம் ஆனோடில் உள்ளபொழுதை விட, அதே அளவு மின்னழுத்தம் கிரிடில் உள்ளபொழுது கேத்தோடில் மின்புல வலிமை அதிகமாகும்.

8.2 டிரயோடின் நிலைப்பண்பியல் கோடுகள் (Static characteristics of a triode)

ஆனோடு மின்னோட்டத்தைக் கிரிடு மின்னழுத்தமும், ஆனோடு மின்னழுத்தமும் எவ்வாறு கட்டுப்படுத்துகின்றன என்பதை விளக்குவன இந்த நிலைப்பண்பியல் கோடுகளாம். இவற்றைப் பெறுவதற்கான சுற்றுப் படம் (8.2)-ல் காணப்படுகிறது. டிரயோடில் சூழ் மின்னூட்டம் இருக்குமளவிற்குக் கேத்தோடிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன எனக் கொள்வோம்.



படம் 8.2

டிரயோடின் நிலைப் பண்பியல் கோடுகளைப் பெறுவற்கான சுற்று

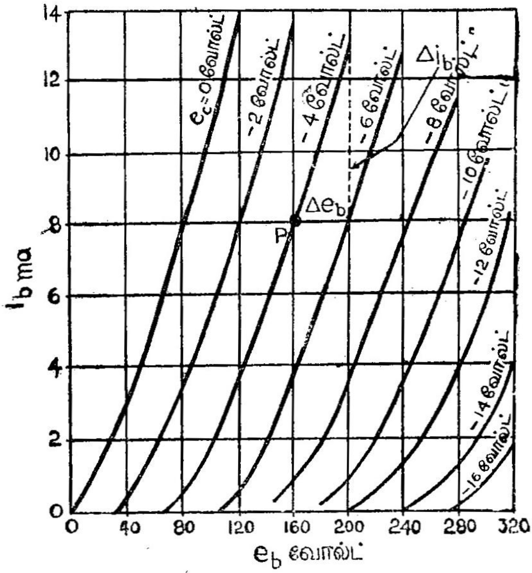
ஆனோடு மின்னோட்டத்தை இரு முறைகளில் மாற்றலாம். அவையாவன : (1) ஆனோடு மின்னழுத்தத்தை ஏற்றவோ, இறக்கவோ செய்தால், ஆனோடு மின்னோட்டமும் கூடவோ, குறையவோ ஆகும். (2) ஆனோடு மின்னழுத்தத்தை மாற்றாமல் நிலையாக்கி, கிரிடு மின்னழுத்தத்தை மாற்றுதல். எனவே, டிரயோடிற்கு இரண்டுவகை நிலைப்பண்பியல் கோடுகள் உண்டு. இவை ஆனோடு நிலைப் பண்பியல் கோடுகள் மற்றும் பரிமாற்றுப் பண்பியல் கோடுகள் (Anode Characteristics and Transfer Characteristics ஆகும்.

படம் (8.2)-ல் கேத்தோடு புவி இணைப்புடையதாகக் காண்கிறது. இது கிரிடு சுற்றுக்கும் (Grid circuit), ஆனோடு சுற்றுக்கும்

(Anode circuit) பொதுவானது ; இவற்றிற்குப் பொதுவான வேறு எந்தப் புள்ளியும் இல்லை. எனவே, எலெக்ட்ரான் ஓட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதைத் தவிர இச்சுற்றுகளிடையே வேறு பிணைப்புகள் (Coupling) இல்லை.

8.3 ஆனேடு நிலைப்பண்பியல் கோடு (Anode Characteristic)

மாருத கிரிடு மின்னழுத்தத்தில் ஆனேடு மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்த ராசியாக ஆனேடு மின்னேட்டத்தைக் காட்டுவன ஆனேடு நிலைப்பண்பியல் கோடுகளாம். படம் (8.2)-ல் கிரிடு மின்னழுத்தத்தைக் குறிப்பிட்ட மதிப்பில் (e_c) நிலையாக்கி ஆனேடு மின்னழுத்தத்தை (e_b) மாற்றி ஒவ்வொரு மதிப்பிற்கும், ஆனேடு மின்னேட்டம் (i_b) அளக்கப்படுகிறது. இதனை வரைகோடாக்குக. இதே போன்று கிரிடு மின்னழுத்தத்தை வேறு பல மதிப்புகளில் தனித் தனியே நிலையாக்கி, வேறுபல வரைகோடுகளையும் பெறுக. இவை படம் (8.3)-ல் காணப்படுகின்றன. இக் கோடுகள் நேர்க்



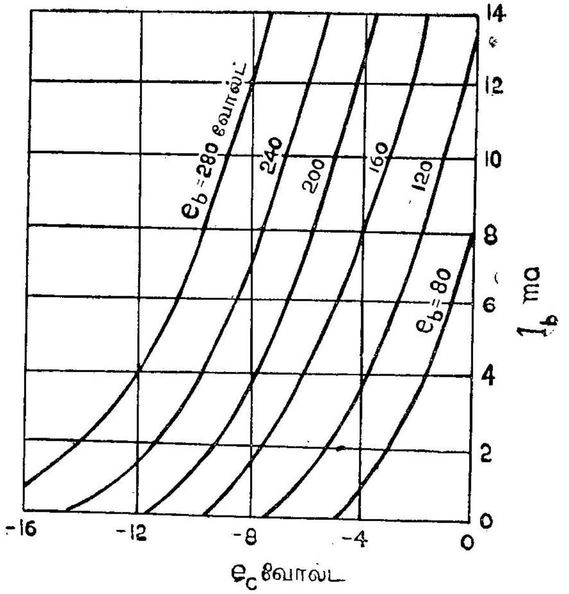
படம் 8.3

ஆனேடு பண்பியல் கோடுகள்

கோடுகள் அல்ல. மற்றும் அவற்றின் இடைவெளிகள் சமமில்லை. ஆனல் படத்தின் மத்தியில் கூடிய வரை சம இடைவெளிகளுடன் ஓரளவிற்கு நேர்க் கோடுகளாக உள்ளன. அடிப்பாகத்தில் மட்டுமே இக் கோடுகள் வளைந்துள்ளன.

8.4 பரிமாற்றுப் பண்பியல் கோடுகள் (Transfer Characteristics). இவற்றையே **Mutual Characteristics** என்பதும் உண்டு.

ஆனோடு மின்னழுத்தத்தைத் தகுந்த மதிப்பில் மாருது நிலையாக்கி, கிரிடு மின்னழுத்ததை மாற்றி அதற்கேற்ற ஆனோடு மின்னோட்டம் அளக்கப்படுகிறது. இதனையே வெவ்வேறு ஆனோடு மின்னழுத்தங்களுக்கு மீண்டும் செய்யப்படுகிறது. அவை தரும் பண்பியல் கோடுகள் படம் (8.4)-ல் காணப்படுகின்றன. ஆனோடு



படம் 8.4
பரிமாற்றுப் பண்பியல் கோடுகள்

பண்பியல் கோடுகளையும், பரிமாற்றுப்பண்பியல் கோடுகளையும் வரையத் தேவையான அளவுகள், இரண்டு கோடுகள் குழுவிற்கும் பொதுவானவை. எனவே, ஒரு குழுவிற்கு எடுக்கப்பட்ட அளவு களைக் கொண்டே மற்ற குழுவையும் வரையலாம்.

படம் (8.4)-லிருந்து ஆனோடு மின்னழுத்தத்தின் ஒவ்வொரு மதிப்பிலும், ஆனோடு மின்னோட்டத்தைச் சுழியாக்கும் (அல்லது மிக மிகச் சிறியதாக்கும்) ஒரு கிரிடு மின்னழுத்தம் உண்டெனத் தெரிகிறது.

இந்தக் கிரிடு மின்னழுத்தம் வெட்டு மின்னழுத்தம் (Cut off voltage or cut off bias) எனப்படும். படத்தில் ஆனோடு மின்ன

முத்தம் $e_b = 240$ வோல்ட் எனில் வெட்டு மின்னழுத்தம் $e_c = -15$ வோல்ட் ஆகும்.

8.5 டிரயோடின் நிலைப்பண்பியல் குணகங்கள் (Static co-efficients of a triode)

ஆனோடு பண்பியல் கோடுகளும், பரிமாற்றுப் பண்பியல் கோடுகளும் ஏறத் தாழ நேர்க் கோடுகளாக உள்ளன. எனவே, டிரயோடைப் பயன்படுத்தும் சுற்றுகளை உருவமைக்க இவற்றின் வாட்டங்களை மட்டும் அறிந்தால் போதும். இந்த வாட்டங்களிலிருந்து பெறக்கூடிய வகையில் டிரயோடின் நிலைப்பண்பியல் குணகங்கள் மூன்றினை வரையறுக்கலாம். இந்த மூன்று குணகங்கள் டிரயோடின் செயல் திறனைக் காட்டுகின்றன.

(அ) ஆனோடு மின்தடை **(Anode resistance or plate resistance)**: மாறுத கிரிடு மின்னழுத்தத்தில், ஆனோடு மின்னழுத்தத்தின் மாறுபாட்டிற்கும் ($\triangle e_b$), அதனால் விளையும் ஆனோடு மின்னோட்ட மாறுபாட்டிற்கும் ($\triangle i_b$) உள்ள விகிதம் ஆனோடு மின்தடை ஆகும். இந்த மாறுபாடுகள் மிகச் சிறியனவாக வேண்டும். ஆனோடு பண்பியல் கோடுகளின் வாட்டத்திலிருந்து இந்த மின்தடை மதிப்பைப் பெறலாம். $\triangle e_b$ வோல்ட்களிலும், $\triangle i_b$ மில்லி ஆம்பியர்களிலும் அளக்கப்பட்டால், ஆனோடு மின்தடை (r_p) கிலோ ஓம்கள் ஆகும்.

$$r_p = \left.\frac{\triangle e_b}{\triangle i_b}\right]_{e_c = \text{மாறிலி}} \qquad \ldots (8.1)$$

(ஆ) பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் **(Mutual conductance or Transfer conductance)**: மாறுத ஆனோடு மின்னழுத்தத்தில் கிரிடு மின்னழுத்தம் மிகச்சிறிய அளவு ($\triangle e_c$) மாறுபட, அதனால் ஆனோடு மின்னோட்டம் சிறு அளவு ($\triangle i_b$) மாறுபட, $\triangle i_b/\triangle e_c$ என்ற விகிதம் பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் ஆகும். $\triangle i_b$ மில்லி ஆம்பியராகவும், $\triangle e_c$ வோல்ட்களாகவும் அளக்கப்பட்டால் பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் (g_m) மில்லிமோ ஆகும். எனவே,

$$g_m = \left.\frac{\triangle i_b}{\triangle e_c}\right]_{e_b = \text{மாறிலி}} \qquad \ldots (8.2)$$

(இ) பெருக்கு எண் **(Amplification factor)**: கிரிடு மின்னழுத்தம் $\triangle e_c$ மாறுபடும்பொழுது மின்னோட்டம் மாறுமலிருக்க வேண்டுமானல் ஆனோடு மின்னழுத்தம் $\triangle e_b$ மாற

வேண்டும் என்பது விளங்கும். எனவே, மாருத மின்னோட்டத்தில் $\triangle e_b/\triangle e_c$ என்ற விகிதம் பெருக்கு எண் (μ) ஆகும். இஃது இரண்டு வோல்ட்டேஜின் விகிதமாதலால் இதற்கு அலகுகள் இல்லை.

எனவே,

$$\mu = \frac{\triangle e_b}{\triangle e_c}\Big]_{i_b \text{ மாறிலி}} \qquad \ldots (8.3)$$

ஈண்டு $\triangle e_b$-யும், $\triangle e_c$-யும் ஒன்றுக்கொன்று எதிரான குறியுடையன.

இந்த வரையறையில் μ-வைக் கணக்கிட $\triangle e_b$ மற்றும் $\triangle e_c$-யின் எண் மதிப்புகளை மட்டுமே பயன்படுத்துகிறோம்.

ஆனோடு அல்லது பரிமாற்றுப்பண்பியல் கோட்டுக் குழுக்கள் வெற்றிடக் குழாயின் பண்புகளைக் காட்டுவதால் மேற் சொன்ன மூன்று குணகங்களையும் அந்த இரண்டிலொரு குழுவிலிருந்தே கணிக்கலாம்.

படம் (8.4)-ல் $i_b = 8\ ma$ மாருமலிருக்க, e_b $120V$-யிலிருந்து $160V$-யிக்கு மாற்றினுல் e_c $-2V$-யிலிருந்து $-4V$-யிக்கு மாறுகிறது.

எனவே,

$$\mu = \left|\frac{\triangle e_b}{\triangle e_c}\right| = \frac{40}{2} = 20$$

$$\text{மேலும் } g_m = \frac{\triangle i_b}{\triangle e_c}\Big]_{e_b=160V} = \frac{13-8}{4-2} = 2{\cdot}5 \text{ மில்லிமோ}$$

$$r_p = \frac{\triangle e_b}{\triangle i_b}\Big]_{e_c=-4V} = \frac{200-160}{13-8} = \frac{40}{5} = 8{\cdot}0K \text{ ஓம்}$$

இது போன்றே படம் 8.3-லிருந்து இந்த வால்வு குணகங்களைக் கணக்கிடலாம்.

இந்த மூன்று குணகங்களில் இரண்டு தெரிந்தாலும் மூன்ருவதைக் கணக்கிடலாம். ஏனெனில்,

$$r_p = \frac{\triangle e_b}{\triangle i_b}\Big] = \frac{\triangle e_b/\triangle e_c}{\triangle i_b/\triangle e_c} = \frac{\mu}{g_m}$$

$$\therefore \mu = g_m r_p \qquad \ldots (8.4)$$

இந்தக் குணகங்களின் பௌதீக முக்கியத்துவம் (Physical significance) அறிதல் அவசியம். ஆனோடு மின்தடை என்ற பெயரிலிருந்தே டிரயோடும் ஒரு சாதாரண கடத்தியைப் போலவே மின்னோட்டதிற்குத் தடை ஏற்படுத்துகிறது என்பது

விளங்கும். இரண்டாவதாகக் கிரிடில் மின்னழுத்த மாற்றம் Δe_c ஆயின் அஃது ஆனேடு சுற்றில் $g_m \Delta e_c$ மின்னேட்ட மாற்றத்திற்குச் சமமாகும்; அல்லது ஆனேடு சுற்றில் $g_m \Delta e_c$ அளவு மின்னேட்டத்தைப் புகுத்துவதற்குச் சமம் என்று பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் காட்டும். அது போலவே, கிரிடில் மின்னழுத்த மாற்றம் Δe_c ஆக, ஆனேடு சுற்றில் $\mu \Delta e_c$ அளவு மின்இயக்கு விசையைப் புகுத்துவதற்குச் சமம் என்பதைப் பெருக்கு எண் காட்டுகிறது.

8.6 பளுக் கோடுகளும், இயக்கப் பண்பியல் கோடுகளும் (Load lines and dynamic characteristics)

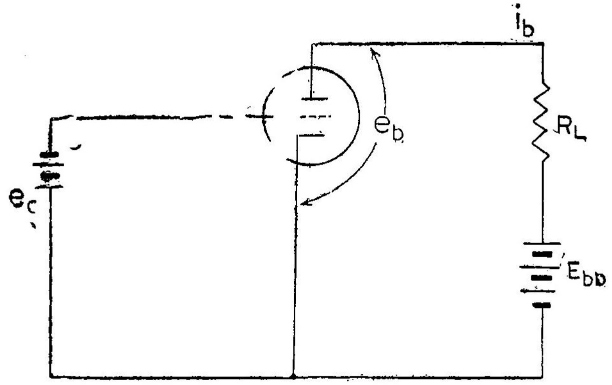
ஒரு பெருக்யின் கிரிடு மீது மாறுதிசை சைகை (Alternating signal) செலுத்தப்பட்டால், சைகையின் எதிர் அரைச் சைக்கிளில் கிரிடு மேலும் எதிராகும்; நேர் அரைச் சைக்கிளில் கிரிடின் எதிர் மின்னழுத்தம் குறையும். இப்படி ஏற்படும் கிரிடு மின்னழுத்த மாற்றங்களால், பளுவழியே பாயும் ஆனேடு மின்னேட்டமும் மாறும். இதன் காரணமாகப் பளுவில் தோன்றும் மின்னழுத்த இறக்கம் மாற, ஆனேடில் உள்ள மின்னழுத்தமும் மாறும்.

மின்னழுத்தப் பெருக்கியாகப் பயன்படும் குழாயில் ஆனேடு மின்னேட்ட மாற்றங்கள் குறைவு. எனவே, ஆனேடு மின்னழுத்தமும் அதிகமாக மாருது. எனவே நடைமுறையில் மின்னழுத்தப் பெருக்கியாகப் பயன் படும் குழாயின் செயல்முறையைக் கணிக்க நிலைப்பண்பியல் கோடுகளே போதுமானவை. ஆனுல் ஒரு திறன் பெருக்கியில் ஆனேடு மின்னேட்ட மாற்றங்கள் கணிசமானவை எனவே, ஆனேடு மின்னழுத்தமும் கணிசமாக மாறும். ஆதலால் குழாய் செயல்படும் சூழ்நிலையில் அதன் செயலாற்றலைக் கணிக்க, வேறுவிதமான பண்பியல் கோடுகள் தேவைப்படுகின்றன. அவை இயக்கப் பண்பியல் கோடுகள் எனப்படும் இவை சைகையும் பளுவும் உள்ளபொழுது குழாயின் செயலாற்றலைக் காட்டும்.

பளுக்கோடு: ஒரு குழாயின் இயக்கப்பண்பியல் கோடுகளை அதன் நிலைப்பண்பியல் கோடுகளிலிருந்து, பளுக் கோட்டின் உதவியுடன் பெறலாம். நிலைப்பண்பியல் மீது பளுக்கோடு வரையப்படுகிறது. குறிப்பிட்ட பளு பயன்படுத்தப்படும் பொழுது, கிரிடு மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்த ஆனேடு மின்னேட்ட மாற்றங்களைக் காட்டுவது பளுக்கோடு ஆகும். பளுவானது மின்தடையாக மட்டுமே யிருந்தால் பளுக்கோடு நேர்க்கோடாகும்; பளுவானது மின்தேக்கமோ மின்நிலைமமோ உடையதெனில் பளுக்கோடு நீள்வட்டமாகும்.

பளுக்கோடு வரையும் முறை

படம் (8.5)-ல் பளுவுடன் டிரயோடு காணப்படுகிறது. இதன்



படம் 8.5

பளுவுடன் டிரயோடு

ஆனேடு சுற்றில் பாயும் DC மின்னேட்டத்திற்குக் கிர்க்காஃபின் இரண்டாவது விதியைப் பயன்படுத்துவோம். படத்தில்

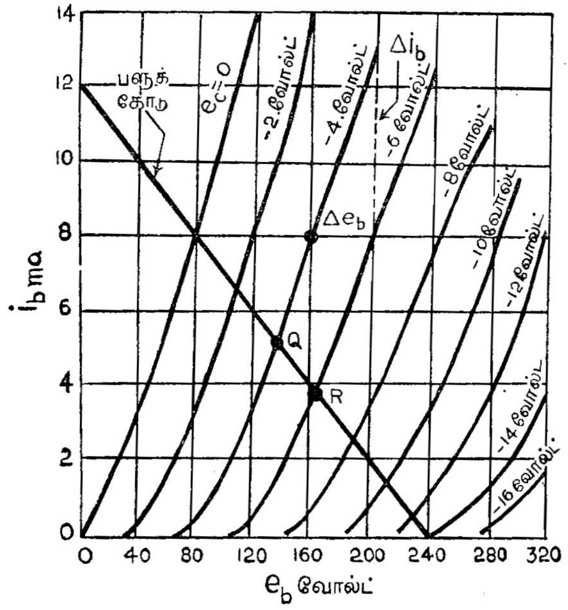
$$E_{bb} = e_b + i_b R_L$$

அல்லது $$i_b = \frac{E_{bb} - e_b}{R_L} \qquad \ldots (8.5)$$

இஃது ஒரு நேர்க் போக்குச் சமன்பாடு ஆகும். இதன் வரைபடம் ஒரு நேர்க்கோடாகும்; இதுவே பளுக்கோடு. ஆனேடு மின்னேட்டம் i_b சுழியானல் $E_{bb} = e_b$; அஃதாவது ஆனேடு மின்னழுத்த (e_b) ஆயத்தைப் பளுக்கோடு வெட்டும் புள்ளி E_{bb} ஆகும்; மேலும் i_b பெருமமெனில், e_b சுழியாகும். அஃதாவது i_b (பெருமம்) $= \frac{E_{bb}}{R_L}$. ஆக, மின்னேட்ட (i_b) ஆயத்தைப் பளுக்கோடு வெட்டும்புள்ளி $\frac{E_{bb}}{R_L}$ ஆகும். இவ்விரண்டு புள்ளிகளையும் இணைக்கும் நேர்க்கோடு பளுக்கோடு ஆகும்.

படம் (8.6a)-யில் மூல மின்னழுத்தம் $E_{bb} = 240V$, பளுமின் தடை $= 20\ K$ எனக்கொண்டு பளுக்கோடு வரையப்பட்டுள்ளது. இஃது ஆனேடு மின்னழுத்த ஆயத்தில் $240V$ என்ற புள்ளியையும், ஆனேடு மின்னேட்ட ஆயத்தில் $\frac{240}{20K} = 12\ mA$ என்ற புள்ளியையும் இணைக்கிறது. கிரிடு பயசு $E_c = -4V$ எனில், இதற்கான நிலைப் பண்பியல் கோட்டைப் பளுக்கோடு வெட்டும் புள்ளி செயல்படு

புள்ளி Q ஆகும். 'இப்புள்ளியில் ஆனேடு மின்னேட்டம் ஏறத் தாழ 5 mA என்று படத்திலிருந்து தெரிகிறது.



படம் 8.6a

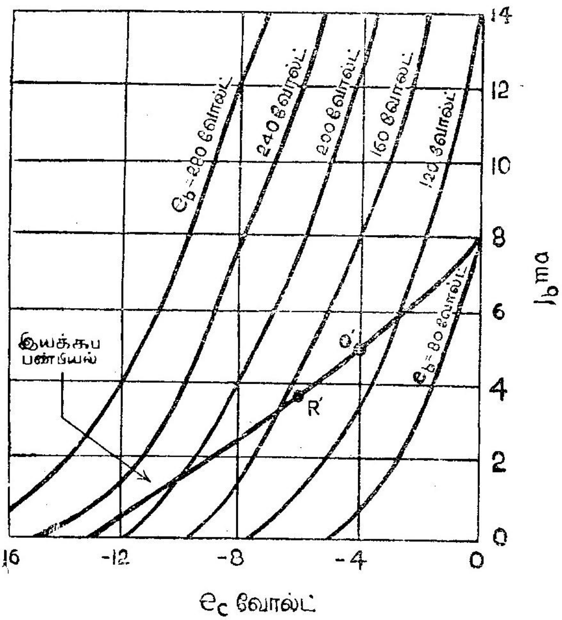
பளுக்கோடு

கிரிடின்மீது சைகை மின்னழுத்தம் செலுத்தப்பட்டுப் பெருக்கி செயல்படுகையில், ஒவ்வொரு கணத்திலும் ஆனேடு மின்னேட்டத்தின் மதிப்பை அறியப் பளுக்கோடு பயன்படுகிறது. இந்த மதிப்பைக் குறிப்பிட்ட e_c மதிப்பில் வரையப்படும் நிலைப் பண்பியல் கோடு பளுக்கோட்டைச் சந்திக்கும் புள்ளி தருகின்றது.

இயக்கப் பண்பியல் கோடு

நிலைப் பண்பியல் கோடுகளிலிருந்து பளுக்கோட்டின் உதவியுடன் பெருக்கியின் செயலாற்றலை விளங்கிக் கொள்ளலாமென்றாலும், அதையே இதனைச் விடச் சீரிய முறையில் இயக்கப் பண்பியல் கோடுகளிலிருந்து அறியலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட பளு உள்ளபொழுது குழாயின் செயலாற்றலை விளங்கிக் கொள்ள இயக்கப் பண்பியல் கோடு பயன்படுகிறது. எனவே, பளுவின் தன்மையையும், மதிப்பையும் பொறுத்து இயக்கப் பண்பியல் கோடு மாறுபடும். இயக்கப் பண்பியல் கோடுகள் பரிமாற்றுப் பண்பியல் கோடுகள்மீது வரையப்

படுகின்றன. குறிப்பிட்ட பளுக்கோடு நிலைப்பண்பியல் கோடுகளை வெட்டும் புள்ளிகளின் (e_c, i_b) மதிப்புகளைக் கொண்டு அப்பளுவிற் கான இயக்கப் பண்பியல் கோடு வரையப்படுகிறது.



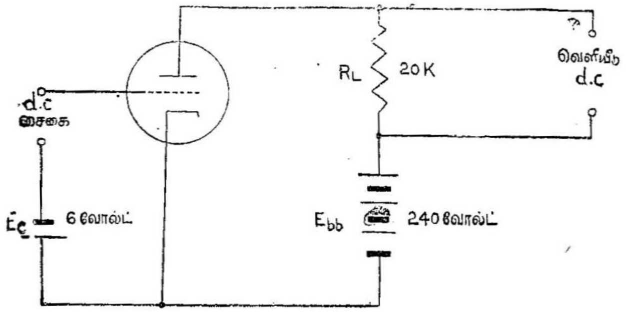
படம் 8.6b

இயக்கப் பண்பியல் கோடு

படம் (8.6a)-யில் புள்ளி Q-வில் கிரிடு மின்னழுத்தம் $e_c = -4V$; $i_b = 5\ mA$ ஆகின்றன. இந்தப் புள்ளி படம் (8.6b)-யில் 'Q'' என்றுகுறிக்கப்படுகிறது. படம் (8.6a)-யில் $e_c = -6V$ ஆனால், $i_b = 3{\cdot}8\ mA$. இப்புள்ளியே படம் (8.6b)-யில் R' ஆகிறது இதுபோலவே மற்றப் புள்ளிகளும் குறிக்கப்படுகின்றன. இவற்றை இணைக்க இயக்கப் பண்பியல் கோடு கிடைக்கிறது. கிரிடு மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்த ஆனோடு மின்னோட்ட மதிப்பை நேரடியாக அறிய இயக்கப் பண்பியல் கோடு பயன்படுகிறது. பளுவின் மதிப்புக் குறைந்தால் இயக்கப் பண்பியல் கோட்டின் சரிவு கூடுகிறது; பளு அதிகரிக்க இதன் சரிவு குறைகிறது. எனவே, பளு அதிகரித் தால் ஆனோடு மின்னோட்டம் குறையும். ஆனால் பளு அதிகரிப்ப தால் இயக்கப் பண்பியல் கோட்டின் நேர்ப் போக்கான பகுதி நீளும். இதனால் குலைவு ஏற்படாதவகையில் வலிமை அதிகமுடைய சைகைகளைக் கிரிடுக்குச் செலுத்த இயலும்.

8.7 D.C. பெருக்கி (D.C. Amplifier)

படம் (8.6 b)-யில் கண்ட இயக்கப் பண்பியல் கோடு, படம் 8.7-ல் கண்ட சுற்றிற்குப் பொருந்தும்.



படம் 8.7
DC பெருக்கி

கிரிடின் ஒரு சார் அழுத்தம் அல்லது பயசு (Grid bias voltage) 6 V என்றும், சைகை அழுத்தம் (Signal voltage) சுழி என்றும் கொள்வோம். கிரிடு - கேத்தோடு மின்னழுத்தம் $-6V$ ஆகிறது. படம் (8.6 b)-யிலிருந்து மின்னோட்டம் 3.8 ma எனத் தெரிகிறது. செயல்படு புள்ளி R அல்லது R' ஆகும். இப்பொழுது தகுந்த முனை வுடன் (Polarity) கூடிய 2VDC சைகையை இணைப்பதால் கிரிடு' கேத்தோடு மின்னழுத்தம் — 4V ஆவதாகக் கொள்வோம். செயல் படுபுள்ளி Q அல்லது Q'-க்கு மாறுகிறது. ஆனோடு மின்னோட்டம் 5·0 mA ஆகிறது. எனவே 20K பளு மின்தடையின் முனை களிடையே மின்னழுத்தம் $3{\cdot}8 \times 20 = 76$ வோல்ட்டிலிருந்து $5{\cdot}0 \times 20 = 100$ வோல்ட்டாக உயர்கிறது. எனவே கிரிடு மின்னழுத்ததில் ஏற்பட்ட 2V மாற்றம் R'_L முனைகளிடையே 24V மாற்றத்தை ஏற்படுத்தியுள்ளது. இந்தச் சுற்று D.C பெருக்கி எனப்படும். இதன் பெருக்கு திறன் (Gain) வெளியீடு மின்னழுத்த மாற்றத்திற்கும், உள்ளீடு மின்னழுத்த மாற்றத்திற்கும் உள்ள விகிதம் ஆகும். அஃதாவது பெருக்குதிறன் $= \frac{24}{2} = 12$. உள்ளீடு மின்னழுத்த மாற்றம் = சைகை மின்னழுத்தம் (e_s) ஆகும் என்றறிக.

இந்த D.C பெருக்கியில் இரண்டு உண்மைகள் ஊன்றி யுணர வேண்டியன. ஒன்று செயல்படு புள்ளியானது மாருத ஒரு நிலையிலிருந்து மாருத மற்றொரு நிலைக்குத் தாண்டுகிறது. இரண்டாவதாகக் கிரிடு—கேத்தோடு மின்னழுத்தம் எப்பொழுதும் எதிராகவே (Negative) உள்ளது.

8.8 டிரயோடின் கிரிடு சுற்று (Grid circuit of a triode)

படம் (8.7)-ல் கேத்தோடிலிருந்து கிரிடு சைகை மூலம் (Signal source), கிரிடு பேட்டரி மீண்டும் கேத்தோடு என வரும் சுற்று, கிரிடு சுற்று ஆகும். இந்தச் சுற்றின் நிலைமை முக்கிய மானது. கிரிடு எப்பொழுதும் எதிர் மின்னழுத்தம் உடையதெனில் கிரிடு மின்னோட்டம் இல்லை (அநேகமாகச் சுழிதான்) எனலாம். எனவே, சைகை மூலம் வழியே மின்னோட்டம் இல்லை. இதுவே எலெக்ட்ரானியல் பெருக்கிகளின் வளர்ச்சிக்கு முக்கிய அடிப்படையாகும். இந்தப் பெருக்கிகள் மின்னழுத்தத்தைப் பெருக்குவன மட்டுமல்ல; சைகை மூலத்திலிருந்து கணிசமான மின்னாற்றல் பெறாமலே அந்த வேலையைச் செய்கின்றன. எனவே, சைகை மூலத்தின் அக மின்தடை (Internal resistance) மிக உயர்வாக இருந்தாலும் பெருக்கியின் பெருக்குதிறன் பாதிக்கப்படாது.

இவற்றால் கிரிடு சுற்றின் மின்தடை ஈறிலியாக்கப்படலாம் என்று முதலில் தோன்றும், ஆனால் இது தவறு. கேத்தோடுடன் D C இணைப்புப் பெறாத கிரிடு நிலையிலாத் தன்மைத்து. அஃது எதிர் மின்னழுத்தம் பெற்றிருக்கும்பொழுது கூடச் 'சில எலெக்ட்ரான்களைக் கவர்கிறது. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற வழியில்லையெனில், கிரிடு மேலும் மேலும் எதிர் மின்னழுத்தம் பெற்று வெட்டு மதிப்பைப் (Cut off value) பெறலாம். இதன் காரணமாக ஆனோடு மின்னோட்டம் நின்றுவிடும். எனவே கேத்தோடுடன் நேர் மின்னோட்டப் பாதை இல்லாத கிரிடு " மிதக்கும் கிரிடு" (Floating grid) எனப்படும். இதனால் ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் நிலைப்பாடு குறையும். அத்துடன் செயல்படு புள்ளியும் விருப்பப்படி மாறும்.

8.9 A.C பெருக்கி (A.C Amplifier)

AC பெருக்கியைப் பற்றிச் சொல்லும் பொழுது பின் கண்ட சங்கேதங்கள் பயன்படுகின்றன.

E_{bb} : மின்மூலம் தரும் DC மின்னழுத்தம்.

E_b : ஆனோடு கேத்தோடு இடையே சராசரி DC மின்னழுத்தம்.

e_b : ஆனோடு-கேத்தோடு மின்னழுத்தத்தின் கணமதிப்பு.

I_b : ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு.

i_b : ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் கணமதிப்பு.

i_p : ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் *ac* கூறின் கண மதிப்பு.

E_{cc} : கிரிடு சுற்றில் மூலத்தின் மின்னழுத்தம்.

e_c : கிரிடுக்கும் கேத்தோடுக்கும் இடையே மின்னழுத்தின் கணமதிப்பு.

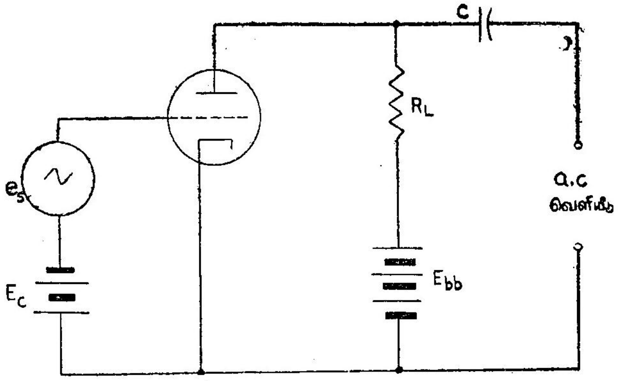
e_g : கிரிடு-கேத்தோடு மின்னழுத்த ac கூறின் கண மதிப்பு.

e_s : சைகை மின்னழுத்தத்தின் கணமதிப்பு.

E_c : கிரிடு பயசு.

e_p : ஆனோடு மின்னழுத்தின் ac கூறின் கணமதிப்பு.

ஆனோடு சுற்றில் பளு மின்தடை உடைய டிரயோடு A.C பெருக்கியாகச் செயல்படுவது அதன் முக்கியப் பயன் ஆகும். பொதுவாகவே, பெருக்கி என்ற சொல் A.C பெருக்கியைத்தான் குறிக்கும்.



படம் 8.8

A.C பெருக்கியாக டிரயோடு

D.C பெருக்கியின் படத்திற்கும், படம் (8.8)-க்கும் இரண்டு வேறுபாடுகள் உண்டு. சைகை இப்பொழுது மாறுதிசை மின்னழுத்தம் (Alternating voltage) ஆகும். மற்றும் ஒரு மின் தேக்கி (C) வெளியீடு மின்னழுத்தத்துடன் தொடராக உள்ளது. இந்த மின் தேக்கியைத் தடுக்கும் அல்லது பிணைக்கும் மின் தேக்கி (Blocking or coupling capacitor) என்பர்.

கிரிடு சுற்றில் உள்ள மாறுதிசை மின்னழுத்தம் கிரிடின் எதிர் மின்னழுத்தத்தை மாற்றி மாற்றி ஏற்றி இறக்குகிறது. (ஆனால் எப்பொழுதும் எதிராகவே உள்ளது). கிரிடு கேத்தோடு மின்னழுத்தம் எக் கணத்திலும் நேர் ஆகாமலும், மற்றும் வெட்டும் அளவைத் தொடாத வகையிலுமாகச் சைகை மின்னழுத்தத்தின் உச்ச மதிப்புச் சிறியதாக உள்ளது எனக் கொள்க. எனவே, செயல்படு நெடுக்கத்தில் (Operating range) இயக்கப் பண்பியல் கோடு நேர்ப் போக்காக உள்ளது என்ற வகையில் ஒரு நேர்க் கோட்டுப்

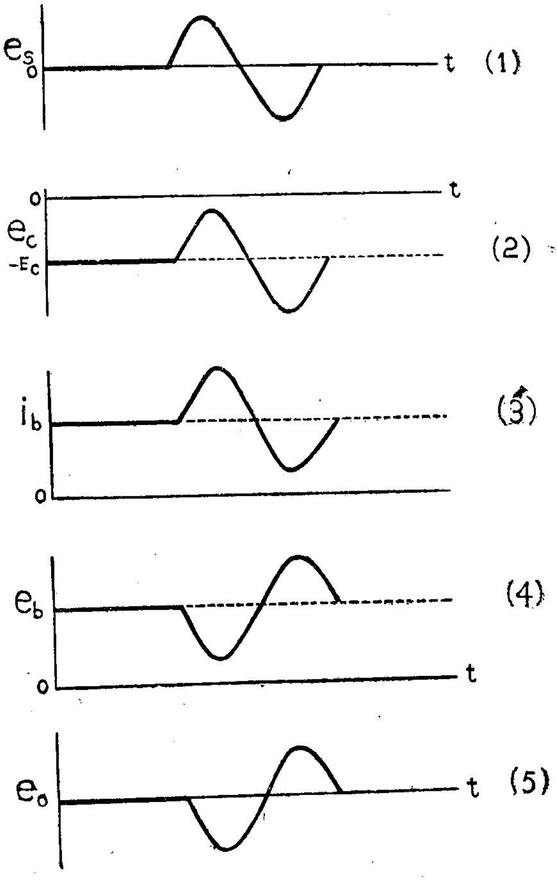
பண்புடைய பெருக்கியாக (Linear amplifier) டிரயோடு செயல்படுகிறது. எனவே, சைகையானது செயல்படு புள்ளியை இயக்கப் பண்பியல் கோட்டில் மேலும் கீழுமாக நகர்த்துகிறது. ஆதலால் ஆனோடு மின்னோட்டம் கூடுகிறது அல்லது குறைகிறது. பளுமின் தடையின் முனைகளிடையே தோன்றும் மின்னழுத்தமும், சைகையுடன் இயைந்து ஏறி இறங்குகிறது. ஆனோடு மின்னோட்டம் ஒரே திசையிலும், ஆனால் உயர்ந்தும் தாழ்ந்தும் பாய்கிறது. இதனை ஒரு நேர் மின்னோட்டத்தின்மீது (d.c.level) மேற் பொருந்திய மாறுதிசை மின்னோட்டமாகக் கருதலாம்.

சைகையின் அதிர்வெண்ணில் (Signal frequency) மின்தேக்கி C-யின் மின் மறுப்பு வெளிவாய்களுடன் (Out-put terminals) இணைந்துள்ள மின்தடையுடன் (அல்லது மின் எதிர்ப்புடன்) ஒப்பிட மிகக் குறைவாயின் C-யின் முனைகளிடையே தோன்றும் $a-c$ மின்னழுத்தம் குறைவாகும். ஆனால் மின்தேக்கி C, மாருத நேர் மின்னழுத்தத்தைத் (Steady component) தடுத்து விடுகின்றது. எனவே வெளி வாய்களிடை ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்தம் மட்டுமே தோன்றுகிறது. இது R_L-ன் முனைகளிடையே தோன்றும் மாறு திசை மின்னழுத்தக் கூற்றுக்குச் சமமாகும். வெளிவாய்களில் கீழ் வாய் B- பேட்டரியின் எதிர் மின்வாயிலிருந்து இணைக்கப்படுகின்றது. இதன் பயனாகப் பொதுவான புவி இணைப்பு (Common ground) உடைய வெளியீடு மின்னழுத்தம் கிடைக்கிறது. பேட்டரியில் மாறுதிசை மின்னழுத்த இறக்கம் இல்லையாதலால் R_L-ன் முனைகளிடையே தோன்றும் மாறுதிசை மின்னழுத்தமே வெளியீடு ஆகிறது.

8.10 பெருக்கியில் பிறை உறவுகள் (Phase relations in amplifiers)

படம் 8.9-ல் முதலாவது பெருக்கியல் உள்ளிடப்படும் $a.c$ சைகையைக் காட்டுகிறது ; இரண்டாவது கிரிடு-பயசுமீது (Grid bias) சைகையை மேற் பொருத்தியதால் பெறப்படும் கிரிடு-கேத்தோடு மின்னழுத்தத்தைக் (e_c) காட்டுகிறது. மூன்ருவதாகச் சைகையுடன் ஒத்த பிறையுடையதாக ஆனோடு மின்னோட்டம் i_b காணப்படுகிறது. அடுத்து ஆனோடு-கேத்தோடு மின்னழுத்தம் (e_b) உள்ளது. சைகையின் பிறையினின்றும் $180°$ ஆனோடு மின்னழுத்தம் வேறுபடுகிறது. ஏனெனில் $e_b = E_{bb} - i_b R_L$ ஆகும். ஆனோடு மின்னோட்டம் (i_b) அதிகரிக்கும்பொழுது R_L- முனைகளிடையே மின்னழுத்த இறக்கமும் ($i_b R_L$) அதிகமாகிறது. E_{bb} மாறிலியாதலால், e_b குறைகிறது. எனவே e_s க்கும் e_b-யிக்கும் $180°$ பிறை வேறுபாடு உள்ளது. ஐந்தாவது படம் $d-c$ கூறினை

'C' தடுத்தபின் பெறப்படும் e_o-வைக் காட்டுகிறது. எனவே, e_s ஏறுமுகமாக e_o இறங்குமுகமாகிறது.



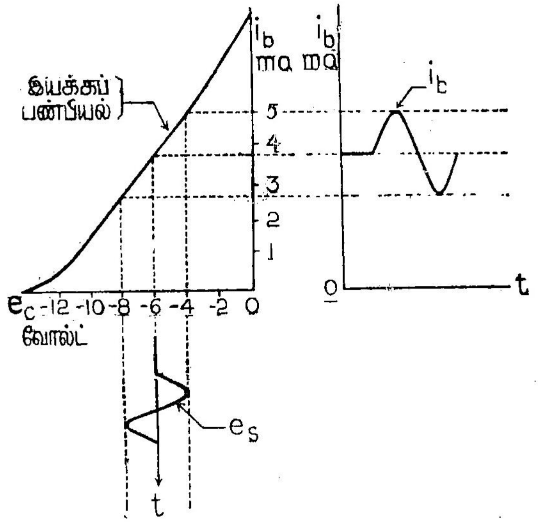
படம் 8.9

டிரயோடு பெருக்கியில் பிறை உறவுகள்

8.11 பெருக்கு திறனை வரைபட முறையில் நிர்ணயித்தல் (Graphical determination of gain)

வெளியீடு மின்னழுத்தத்திற்கும், சைகை மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம் பெருக்கு திறன் ஆகும். வெளியீடு மின்னழுத்தம் சைகை மின்னழுத்தம் இவற்றின் பெரும மதிப்புகளிலிருந்து பெருக்கு திறனைக் கணக்கிடலாம்.

படம் (8.8)-ல் e_s-ன் பெரும மதிப்பு $E_m = 2V$; $R_L = 20K$; $E_c = -6V$, மற்றும் $E_{bb} = 240V$ எனக் கொண்டு வரையப்பட்ட



படம் 8.10

பெருக்கியின் செயல் விளக்கம்

இயக்கப் பண்பியல் கோடு படம் (8.10)-ல் காணப்படுகிறது. அதனில் $E_{bb} = 240V$ உள்ளபொழுது, கிரிடு மின்னழுத்தம் 6V-யிக்கான செயல்படு புள்ளியைக் குறிக்கிறோம். இதனால் இயக்கப் பண்பியல் கோட்டில் நேரான பகுதியின் மையத்தில் செயல்படு புள்ளி உள்ளது. எனவே, குலைவு இல்லாத வெளியீடு மின்ன ழுத்தம் பெற வழியுண்டு. சைகை மின்னழுத்தம் கிரிடு பயசு மீது மேற்பொருந்துவதால் கிரிடு மின்னழுத்தம் — 4-லிருந்து — $8V$ வரை ஏறி இறங்குகிறது. இதற்கான மின்னோட்டம் 5-லிருந்து $2 \cdot 6\ mA$ வரை மாறுவதால், R_L-ன் முனைகளிடையே மின்னழுத்தமும் $5 \times 20 = 100V$-யிலிருந்து $2 \cdot 6 \times 20 = 52V$ வரை ஏறி இறங்கும். தடுக்கும் மின் தேக்கி (C) DC கூறினைத் தடுத்து விடுவதால் R_L-ன் முனை களிடையே $\frac{(100-52)}{2} = 24V$ பெரும மதிப்புடைய மாறுதிசை மின்னழுத்தம் கிடைக்கிறது. எனவே, பெருக்கு திறன் $\frac{24}{2} = 12$. பெருக்கு நேர்க் கோட்டுப் பண்பு உடையதாதலால், வெளியீடு மின்னழுத்தமானது சைகை மின்னழுத்தத்திற்கு ஒத்தவடிவின தாய், ஆனல் எதிர் பிறையுடையதாய் உள்ளது.

இயக்கப் பண்பியல் கோட்டினை வரையாமல் படம் (8.6a)-யில் கண்ட பளுக்கோட்டின் உதவியாலும் இந்தப் பெருக்கு திறனைக் கணக்கிடலாம். பளுக்கோட்டில் $E_{bb} = 240V$ உள்ளபொழுது பயசு — $6V$-யிக்கான செயல்படு புள்ளியைத் தேர்ந்த பின், கிரிடு மின்னழுத்தம் $-4V, -8V$-யிக்கான ஆனோடு பண்பியல் கோடுகள் பளுக்கோட்டினைக் குறுக்கிடும் புள்ளிகளுக்கான ஆனோடு மின்னழுத்தங்களை x ஆயத்திலிருந்து (e_b ஆயம்) நேராகக் காண அவற்றின் வேறுபாடு $188-140 = 48V$ ஆகும். இது R_L-ன் முனைகளிடையே தோன்றும் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் பெரும சிறும மதிப்புகளின் வேறுபாடே ஆகும்.

$$\text{அஃதாவது}\left(e_{o_{max}} - e_{o_{min}}\right) = 2e_{o_{max}} = 48V$$

$$\text{எனவே, } e_{o_{max}} = \frac{48V}{2} = 24V; \text{ ஆக, பெருக்கு திறன் } = 12$$

இந்த முறையும் முன்னதைப் போலவே சிறந்தது; ஆனால் பெருக்கி நேர்க் கோட்டுப் பண்புடன் செயலாற்றுவதை இம் முறையிலிருந்து அறிய இயலவில்லை.

8.12 பெருக்கிக்கான இணைமாற்றுச் சுற்றுகள் (Equivalent circuits of an amplifier)

ஒரு பெருக்கியின் செயல்பாட்டை விளங்கிக் கொள்ளவும், அதன் திறனைக் கணக்கிடவும் இணைமாற்றுச் சுற்றுகள் பயன்படுகின்றன. டிரயோடின் பண்பியல் கோடுகளின் நேர்ப் போக்கான பகுதியிலேயே பெருக்கி செயல்படும்பொழுது, கிரிடு மின்னழுத்தமும், ஆனோடு மின்னோட்டமும் நேர்ப் போக்கு உறவுடையன. எனவே, $i_b = f(e_c, e_b)$ என எழுதலாம். இதனை மொத்தப் பகுதி கண்டால்

$$di_b = \frac{\partial i_b}{\partial e_c} de_c + \frac{\partial i_b}{\partial e_b} de_b \qquad \dots \quad (8.6)$$

என ஆகும். கிரிடு மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பு e_c, அதன் அமைதி மதிப்பு (Quiescent value) E_c-யிலிருந்து சிறிதளவு $\triangle e_c$ மாறினால், ஆனோடு மின்னோட்டம் i_b-யும் அதன் அமைதி மதிப்பு I_b-யிலிருந்து $\triangle i_b$ அளவு மாறும். பளு உள்ளதன் காரணமாக ஆனோடு மின்னழுத்தம் e_b யும் அதன் அமைதி மதிப்பு E_b-யிலிருந்து $\triangle e_b$ அளவு மாறும். செயல்படு நெருக்கம் நேர்ப் போக்காக உள்ளதால், di_b, de_c, de_b என்பன முறையே $\triangle i_b$, $\triangle e_c$, $\triangle e_b$ ஆகும். ஆதலால்,

$$\triangle i_b = \frac{\partial i_b}{\partial e_c} \triangle e_c + \frac{\partial i_b}{\partial e_b} \triangle e_b \qquad \dots \quad (8.7)$$

மேலும், $\triangle i_b$, $\triangle e_c$, $\triangle e_b$ என்பன முறையே i_p, e_g, e_p என்ற ac

கூறுகளின் மதிப்புகளாம். அத்துடன் நேர்ப் போக்குச் செயல் பாட்டின் காரணமாக

$$\frac{\partial i_b}{\partial e_c} = g_m \text{ ; மற்றும் } \frac{\partial i_b}{\partial e_b} = \frac{1}{r_p}$$ என்றும் பெறப்படு

கிறது (பகுதி 8.5 காண்க). ஆதலால் மேற்கண்ட சமன்பாடு

$$i_p = g_m e_g + \frac{e_p}{r_p} \qquad \dots (8.8)$$

என்றாகும். இதனிலிருந்து

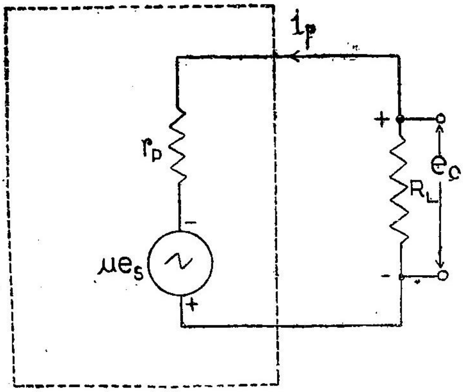
$$e_p = (-g_m e_g + i_p) r_p$$

$$\therefore \quad e_p = -g_m r_p er + i_p r_p \qquad \dots (8.9)$$

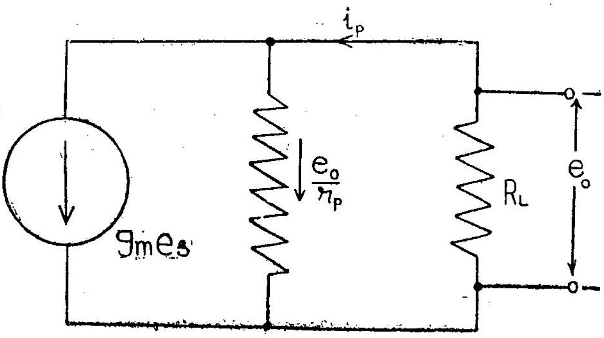
$g_m r_p = \mu$ ஆதலால்

$$e_p = -\mu e_g + i_p r_p \qquad \dots (8.10)$$

எனவும் பெறப்பட்டது.



படம் 8.11a



படம் 8.11b

பெருக்கியின் ஆனோடு சுற்றிற்கு இணைமாற்றுச் சுற்றுகள்

படம் (8.11a)-யையும், சமன்பாடு (8.10) யையும் ஒப்பு நோக்குக. இச்சமன்பாட்டில் e_p என்பது ஆனோடு மின்னழுத்தத்தின் *ac* கூறு; இதுவே பெருக்கியின் வெளியீடு e_o ஆகும். மற்றும் e_g யானது கிரிடிலுள்ள *ac* கூற்றின் கணமதிப்பு—அஃதாவது சைகை மின்னழுத்தம் e_s ஆகும். ஆதலால்,

$$e_o = -\mu e_s + i_p r_p$$

இச் சமன்பாட்டினையே படம் (8.11)-லிருந்தும் பெறலாம். எனவே, பெருக்கியை ஒரு மாறு மின்னழுத்த இயற்றியாகக் (Constant voltage generator) கருதினால் இந்த இயற்றி தருகின்ற மின்னழுத்தம் μe_s மாறு மதிப்புடையது. மேலும் இந்த இயற்றிக்கு அகமின்தடை r_p தொடர் இணைப்பில் உண்டு. இந்த இயற்றியின் நேர்மின்வாய் கேத்தோடுடன் இணைதல் வேண்டும். எனவே, படம் (8.11a)-ஐ மாறு மின்னழுத்த மூல இணைமாற்றுச் சுற்று என்பர்.

சமன்பாடு (8.8)-ஐ $g_m e_g = i_p - \frac{e_p}{r_p}$ அல்லது $g_m e_s = i_p - \frac{e_o}{r_p}$

என எழுதலாம். இதற்குப் பொருத்தமாக இயங்கும் சுற்றுப் படம் (8.11*b*) ஆகும். இப்படத்தில் மாறு மின்னோட்ட மூலம் (Constant current source) $g_m e_s$ அளவு மின்னோட்டம் தருகிறது. இந்த மின்னோட்டமானது r_p மற்றும் R_L ஆகிய இரண்டு மின்தடைகள் வழியே பாய்கிறது. r_p-யில் மின்னோட்டம் $\frac{e_o}{r_p}$ ஆகும்; R_L-ல் மின்னோட்டம் i_p ஆகும். இம் மின்னோட்டங்கள் பாயும் திசைகளைக் கவனித்தறிக. எனவே, படம் (8.11*b*) மாறு மின்னோட்ட மூல இணைமாற்றுச் சுற்று எனப்படும்.

பெருக்கியின் திறனை அதன் இணைமாற்றுச் சுற்றைப் பயன் படுத்திப் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம். முன் பத்தியில் சொல்லப் பட்டதிலிருந்தும், மற்றும் பெருக்கு எண்ணின் (μ) வரையறையிலிருந்தும் கிரிடு மின்னழுத்தம் e_s அளவு மாற, அஃது ஆனோடு சுற்றில் μe_b அளவுடைய மின்னியக்கு விசையைப் புகுத்துவதற்குச் சமம் எனத் தெரிகிறது. பளுமின்தடையைப் பொறுத்தவரை டிரயோடானது படம் (8.11*a*) -யில் புள்ளிக்கோடு களுக்குள் வரையப்பட்ட மின்மூலத்திற்குச் சமம். இந்த மூலத்தின் மின் இயக்கு விசை μe_s-ம், மற்றும் அகமின் தடை r_p-யும் R_L-உடன் தொடராக இணைவதற்குச் சமம்.

மேற்பொருத்தல் கொள்கை (Principle of superposition) காரணமாகப் பெருக்கியில் காணப்படும் *dc* மின்னழுத்தங்களோ

மின்னேட்டங்களோ இணைமாற்றுச் சுற்றில் பிரித்துக் காட்டப்பட வில்லை.

படம் (8.11a)-யில் எக்கணத்திலும் மின்னேட்டம்

$$i = \mu e_s/(r_p + R_L)$$

எனவே, வெளியீடு மின்னழுத்தம்

$$e_o = iR_L = \mu e_s R_L/(r_p + R_L)$$

$$\therefore \text{ பெருக்கு திறன் } = A = \frac{e_o}{e_s} = \mu R_L/(r_p + R_L) \ldots (8.11)$$

சமன்பாடு (8.11) ன்படி டிரயோடின் குணகங்களைப் பொறுத்துப் பெருக்கு திறன் அமைகிறது. பெருக்கு திறனின் உச்ச மதிப்பு μ ஆகும். மற்றும் R_L உயர்ந்தால் பெருக்கு திறனும் உயரும்.

உயர்ந்த பெருக்கு திறன் வேண்டுமாயின் R_L -ஐ மெகோம்கள் அளவிற்கு உயர்த்தலாம் என்பது உண்மையே யாளுலும், R_L-ல் $d.c$ மின்னேட்டத்தால் ஏற்படும் மின்னழுத்த இறக்கத்தையும் நினைவுறல் வேண்டும். எனவே, R_L மிகவும் உயர்ந்தால் மின் மூலத்தின் மின் இயக்கு விசையும் மிக உயர்வாகத் தேவைப்படும். மேலும் R_L மிகவும் உயர்வதால் குலைவு ஏற்படும் என்பதையும் பின்னர்ப் படிப்போம்.

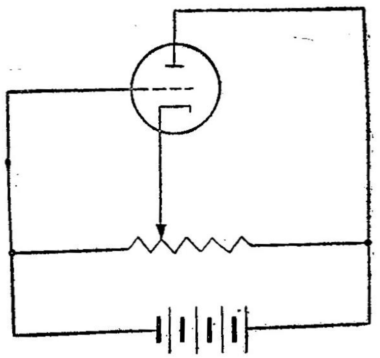
8.13 கிரிடுக்குப் பயசு அளிக்கும் முறைகள்

கிரிடுக்குப் பயசு அளிக்க நான்கு முறைகள் பழக்கத்தில் உள்ளன.

(1) கிரிடு பேட்டரி: இதுவரை பெருக்கியைப்பற்றி சொன்ன பாடங்களில் இந்த முறையே காட்டப்பட்டுள்ளது. பேட்டரியின் எடை மற்றும் பருமன் காரணமாக இம் முறை பொதுவாகப் பயன்படுவதில்லை. ஆனுலும் திருத்தியிலிருந்து பெறப்படும் $d.c$ மின்னழுத்தத்தில் உள்ள குற்றலைகள் மிக மெலிந்த சைகைகளுக்கு இடையூருகச் செயல்படுமாதலால், இந்த மெலிந்த சைகைகளுக்கான பெருக்கியில் பேட்டரியே கிரிடு-பயசு தருகிறது. அப்படிப் பயனுறும்பொழுது பேட்டரியில் மின்னேட்டமும் குறைவாதலால், பருமன் குறைவான பேட்டரிகளைப் பயன்படுத்தலாம்.

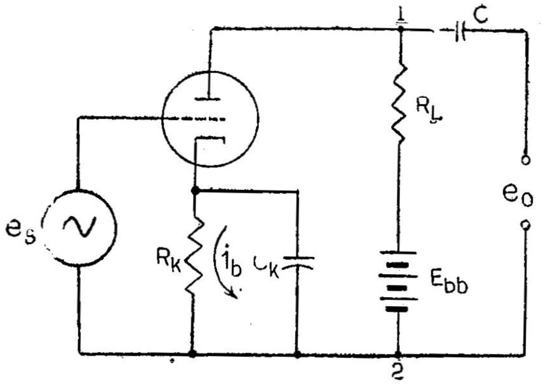
(2) மின்னழுத்தப் பகுப்பான்: ஆனேடு பேட்டரியில் மின்னழுத்தப் பகுப்பானை இணைப்பதாலும் கிரிடு பயசு பெறலாம். படம் (8·12) காண்க. திருத்தியிலிருந்து பெறப்படும் D.C மின்னழுத்தத்தை இவ்வாருகப் பயன்படுத்தலாம். மின்னழுத்தப் பகுப்பானுக்கு மிகுந்த வெப்பம் உமிழ்திறன் தேவை. அத்துடன்

மூலத்திலிருந்து பாயும் மின்னோட்டம் அதிகம். இவ்விரண்டும் இம்முறையிலுள்ள குறைகளாம்.



படம் 8.12
மின்னழுத்தப் பகுப்பானிலிருந்து பெறும் கிரிடு பயசு

(3) கேத்தோடு-பயசு (Cathode bias) : படம் 8.13-ல் காணப்படும் மின்தடை R_k வழியாக ஆனோடு மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது தோன்றும். மின்னழுத்த இறக்கம் கிரிடுக்குத் தேவையான பயசை அளிக்கிறது. மரபுப்படி மின்னோட்டம் கேத்தோடிலிருந்து R_k வழியாகப் படத்தில் காட்டிய திசையில் பாய்கிறது. இதனால் கேத்தோடைப் பொறுத்துக் கிரிடு எதிர் மின்னழுத்தம் உடையதாகிறது. இந்த முறையும் (2)-ல் சொல்லப்பட்ட மின்னழுத்தப் பகுப்பான் முறையேதான். ஆனால் அதனைப்போல் இதில் ஆற்றல் அதிகமாக வீணாவதில்லை.



படம் 8.13
கேத்தோடு—*RC* பயசுடைய பெருக்கி

கேத்தோடு-பயசு முறையே பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படு கிறது. இந்த முறை எளிதானது; சுருக்கமானது; மலிவானது. இந்த முறையில் மின்னோட்டத்தைப் பொறுத்துக் கிரிடு-பயசு அமைகிறது. மற்றும் கிரிடு-பயசைப் பொறுத்துப் மின்னோட்டம் அமைகிறது. எனவே, கிரிடு-பயசும், மின்னோட்டமும் ஒன்றை யொன்று பாதிக்கின்றன. சைகையின் காரணமாக, மின்னோட்டம் உயர்ந்தால், பயசு மேலும் எதிராகிறது. ஆகவே மின்னோட்டம் குறைகிறது. மாறாக, மின்னோட்டம் குறைந்தால் பயசு குறைந்து மின்னோட்டத்தை உயர்த்துகிறது. எனவே, சுற்றுத் தன்னைத் தானே கட்டுப்படுத்திக் கொள்கிறது. இந்தச் சுற்றுக்கு நிலைப்பாடு (Stability) அதிகம்.

இச் சுற்றில் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாற்றமே அதனை எதிர்க்கும் ஓர் எதிர்வினையைத் (Reaction) தூண்டுகிறது. இந்த எதிர்வினையின் பயனாகப் பெருக்கு திறன் குறைகிறது. ஒரு குறிப் பிட்ட கணத்தில், மின்னோட்டத்தை உயர்த்தும் வகையில் சைகை செயல்பட்டால், இந்த உயர்வு R_k-யின் முனைகளிடையே தோன்று கின்ற மின்னழுத்த இறக்கத்தையும் உயர்த்துகிறது. இந்த மின்னழுத்த இறக்கம் மின்னோட்டத்தை உயர்த்த முயலும்; சைகையின் விளைவைக் குறைக்கிறது. சைகையானது மின்னோட் டத்தைக் குறைக்க முயன்றால் இதற்கு எதிரான விளைவு தோன்று கிறது. தன் மாற்றங்களைத் தானே எதிர்க்கும் இந்த எதிர்வினை எதிராக்கம் (Degeneration) எனப்படும்.

எதிராக்கம் பெருக்குதிறனைக் குறைப்பதால் அது தவிர்க்கப் படல் வேண்டும். இதற்கென மின்தேக்கி C_k-யை R_k-யுடன் பக்க இணைப்பில் பொருத்துகிறோம். ஆனாலும் மின்னோட்டத்தின் $d.c$ கூறினை C_k பாதிப்பதில்லை. $d.c$ கூறு R_k வழியாகப் பாய்ந்து பயசை ஏற்படுத்துகிறது. ஆனால் சைகையின் அதிர்வெண்ணில் C_k குறைவான மின் மறுப்பு (Low reactance) உடைய பாதையை $a.c$ கூறினுக்குத் தருகிறது. எனவே, $R_k - C_k$ பக்க இணைப்பில் தோன்றும் $a.c$ மின்னழுத்தம் மிகக் குறைவு. இப்படியாக $R_k - C_k$ கூட்டுப் பயசு மின்னழுத்தத்தை ஏற்படுத்தி அதே சமயத்தில் எதிராக்கத்தைக் குறைக்கிறது. பெருமமான பெருக்கு திறனைப் பெறப் பெருக்கப்பட வேண்டிய கீழான அதிர்வெண்ணில் C_k-யின் மின் மறுப்பு $\frac{R_k}{10}$ ஆக இருத்தல் நலம்.

இப் பகுதியில் சொல்லப்பட்ட எதிராக்கத்தினால் சில நற்பயன் களும் உண்டு. அவை பின்னர் விளக்கப்படும்.

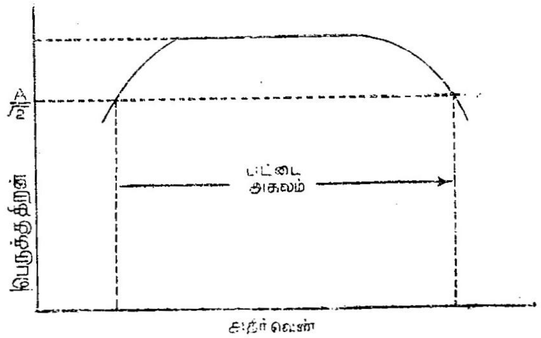
(4) கிரிடு-மின்னோட்ட பயசு (Grid current bias) : சைகையின் சைக்கிளில் ஒரு பகுதியில் கிரிடு நேர் மின்னழுத்தம் பெறும்

பொழுது மட்டுமே இந்த முறை பயன்படும். எனவே, இந்த முறையைப் பின்னர் அறிவோம்.

8.14 பெருக்கியில் குலைவு (Distortion in amplifiers)

அலை வடிவத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் 'குலைவு' எனப்படும். பெருக்கிகளில் மூவகைக் குலைவுகள் ஏற்படுகின்றன.

(1) அதிர்வெண் குலைவு (Frequency distortion) : பெருக்குதிறன் சைகையின் அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்ததாகும்பொழுது இக்குலைவு ஏற்படுகின்றது. சைகையானது பல்கூட்டு அலை (Complex wave) யானால் அதன் சில சைன் வடிவப் பகுதிகள் மற்றவற்றை விட அதிகமாகப் பெருக்கப்படுகின்றன. எனவே, வெளியீடானது உள்ளீட்டின் சரிசமமான படி ஆகாது (பிரதி ஆகாது). பெருக்கு திறனையும், அதிர்வெண்ணையும் இணைத்து வரைபடம் வரைந்தால் இக் குலைவை வரிவடிவமாகக் காட்டலாம் [படம் 8.14]. பட்டை அகலம் (Band width) பின் வருமாறு வரையறுக்கப்படும். அதிர்வெண் ஆயத்திற்கு இணையான நேர்க் கோட்டுப் பகுதியில்



படம் 8.14

பெருக்கியின் அதிர்வெண் உணர்வு

கிடைக்கும் பெருக்கு திறன் மதிப்பின் $\frac{1}{\sqrt{2}}$ பங்கிற்குப் பெருக்கு திறனைக் குறைக்கின்ற இரண்டு அதிர்வெண்களுக்கிடையே உள்ள வேறுபாடே பட்டை அகலம் ஆகும்.

பெருக்கியின் சுற்றில் தூய மின் தடைகள் மட்டுமே இருப்பின் பெருக்கு திறன் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து அமையாமல் சுழியிலிருந்து பல மெகாசைக்கிள் வரை சீரான மதிப்புடையது ஆகும். ஆனால் சுற்றில் C மற்றும் C_k என்ற இரண்டு மின் தேக்கிகள்

உள்ளன. தாழ்ந்த அதிர்வெண்களில் C மற்றும் C_k-யின் மின் மறுப்புகள் கணிசமாக உயர்ந்து விடும். எனவே, C_k-யின் மின் மறுப்பு எதிராக்கத்தை ஏற்படுத்திப் பெருக்குதிறனைக் குறைக்கும். C-யின் முனைகளிடையே மின்னழுத்த இறக்கமும் உயரும். இக் காரணங்களால் பெருக்குதிறன் குறைகிறது. தொடராக உள்ள மின் தேக்கி எதுவும் தாழ் அதிர்வெண்களில் பெருக்கு திறனைக் குறைக்கும்.

உயர் அதிர்வெண்களில், தொடராக உள்ள மின்தேக்கிகளின் மின்மறுப்புகள் குறை மதிப்புடையன வாதலின் அவை புறக் கணிக்கப் படலாம். ஆனால் சைகையுடனும் வெளியீட்டு வாய் களுடனும் பக்க இணைப்பில் உள்ள மின் தேக்கிகள் முக்கியமா கின்றன. படம் 8.13-ல் பக்கக் இணைப்பில் உள்ள எந்த மின் தேக்கிகளும் காணவில்லை. ஆயினும் குழாயின் மின்வாய்களிடை யேயும், சுற்றில் பயன்படும் இணைப்புக் கம்பிகளிடையேயும் (Wires) மின்தேக்கு திறன்கள் உள்ளன. மேலும், சில மின்தடைகள் அவற்றின் அமைப்புக் காரணமாக, உயர் அதிர்வெண்களில் சிறிதளவு மின் தேக்கு திறன் (Distributed capacitance) உடையனவாகின்றன. பெரும்பாலும் மின்வாய்களிடையே உள்ள மின் தேக்கு திறன் (Shunt capacitances) காரணமாகத்தான் உயர் அதிர்வெண்களில் பெருக்கு திறன் குறைகிறது. கண்ணுறு பெருக்கிகளுக்குப் (Video amplifiers) பட்டை அகலம் மிக அதிக மாகத் தேவை. இவ் வகைப் பெருக்கிகளை அமைப்பதில் மின்வாய் களிடையே உள்ள மின் தேக்கு திறனையும் கணக்கிலெடுத்தல் வேண்டும்.

(2) **நேர்ப் போக்கிலாக் குலைவு (Non-linear distortion)** : செயல் படு நெடுக்கத்தில் இயக்கப் பண்பியல் கோடு நேர்க் கோடாக இல்லாவிடின், உள்ளீட்டில் இல்லாத சில அதிர்வெண்களும் (மேற் சுரங்கள்-Harmonics) வெளியீட்டில் காணப்படும். கிரிடு-பயசைச் சரியாகத் தேர்ந்தெடுக்காவிடிலோ, சைகையின் வீச்சு (Signal amplitude) மிக அதிகமானாலோ மேற் சொன்ன குலைவு ஏற்படும்.

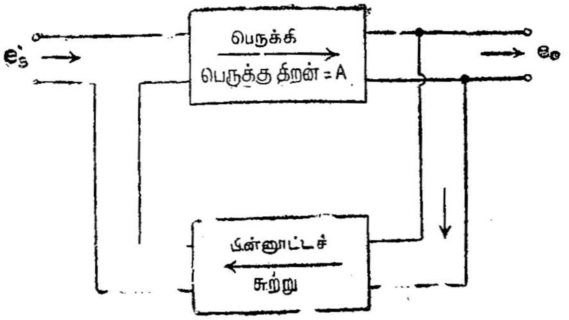
(3) **பிறைக் குலைவு (Phase distortion)** : உள்ளீட்டில் வெவ் வேறு அதிர்வெண்கள் கலந்திருக்க, அவை பெருக்கி வழியாகச் செல்லும்போது வெவ்வேறான பிறை மாறுபாட்டை (Phase change) அடையுமானால், வெளியீட்டில் இவற்றினிடையே உள்ள சார்புப் பிறை (Relative phases) மாறுபடும். இதனால் வெளியீட்டின் வரிவடிவம் உள்ளீட்டின் வரிவடிவத்தினை யொத்து அமையாது. இக் குறை ஒலி பெருக்கிகளில் (Speech or music amplifier) பெரிய

தன்று. ஆனுல் எலெக்ட்ரானியல் கருவிகளிலும், டெலிவிஷனிலும் முக்கியமாகத் தவிர்க்கப்படல் வேண்டியதாகும்.

8.15 எதிராக்கம் மற்றும் பின்னூட்டப் பெருக்கிகள் (Degeneration and negative feed back amplifiers)

பெருக்கியின் பெருக்கு திறனை, எதிராக்கம் குறைக்கிறது என்று கண்டோம். பெருக்கிகளில் பெருக்கு திறனை எளிதில் உயர்த்தலாம். ஆனுல் உடன் வரும் குலைவுகளைத் தவிர்த்தல் இன்றியமையாததாகிறது. இதற்காக எதிராக்கத்தைத் தேவைக்கேற்றபடி பெருக்கிகளில் வலிந்து புகுத்துகிறேம். இதனுல் குலைவுகள் குறைகின்றன.

படம் (8.15)-ல் பின்னூட்டப் பெருக்கியின் செயல் விளக்கம் காணப்படுகிறது. பெருக்கியின் பெருக்கு திறன் $= A$. பின்னூட்டம் இன்றி வெளியீட்டில் மாறுதிசை மின்னழுத்தம் Ae_s ஆகும்.



படம் 8.15
பின்னூட்டம்

வெளியீட்டு மின்னழுத்தத்தின் ஒரு பங்கு B-யைப் பின்னூட்டச் சுற்றுஉள்ளீடு வாய்களுக்கு அனுப்புகிறதென்று கொள்க. அத்துடன் பின்னூட்டத்தின் முனைப்பண்பு (Polarity) சைகையை எதிர்க்கும் வகையில் உள்ளதாகட்டும். இதனுல் பெருக்கிக்கு உள்ளீடு மின்னழுத்தம் e_s-ஐ விடக் குறையும். மேலும் B-யின் மதிப்பு அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்தில்லாதவாறு, பின்னூட்டச் சுற்று அமைவதாகட்டும். பின்னூட்டத்துடன் பெருக்கியின் பெருக்குதிறனைக் கணக்கிடுவோம். பின்னூட்டம் உள்ளபொழுது உள்ளீடு மின்னமுத்தம் $= e_s - Be_o$, பெருக்கு திறன் A ஆதலால்,

$$e_o = A(e_s - Be_o) = Ae_s - ABe_o$$

$$\therefore e_o = \frac{Ae_s}{1+AB}$$

எனவே, பின்னூட்டத்துடன் பெருக்கு திறன்

$$= \frac{e_0}{e_s} = \frac{A}{1+AB} \quad \dots (8.12)$$

பெருக்கு திறன் A-யை விடக் குறைகிறது. எனவே, எதிராக்கம் அல்லது பின்னூட்டம் பெருக்கு திறனைக் குறைக்கிறது.

பெருக்கற் பலன் AB ஒன்றை விட மிக அதிகமானல் சமன்பாடு (8.12)-ல்

$$\text{பின்னூட்டத்துடன் பெருக்குதிறன்} = 1/B \quad \dots (8.13)$$

எனவே, சமன்பாடு (8.13)-லிருந்து பெருக்குதிறன் A-யைச் சார்ந்ததன்று எனத் தெரிகிறது. A மாறினும் பெருக்கு திறன் மாறுவதில்லை. எனவே, பெருக்கு திறன் நிலைப்பாடு (Stability) உடையதாகிறது.

பெருக்கு திறன் $= \frac{1}{B}$ ஆனது A-யைச் சாராததால், அஃது அதிர்வெண் குலைவையும், பிறைக் குலைவையும் சாராதது எனத் தெரிகிறது. ஆகவே, இக் குலைவுகளும் கணிசமாகக் குறைந்து விடுகின்றன. மற்றும் நேர்க் போக்கிலோ குலைவையும் பின்னூட்டம் குறைக்கும். பின்னூட்டம் இல்லாதபொழுது பெருக்கியில் உண்டாக்கப்படும் முதல் மேற்சுரம் H என்க. பின்னூட்டம் உள்ளபொழுது வெளியீட்டில் தோன்றும் முதல் மேற்சுரம் H' எனில்,

$$H' = H - H'AB$$

$$H'(1+AB) = H$$

$$\text{அல்லது} \quad H' = \frac{H}{1+AB}$$

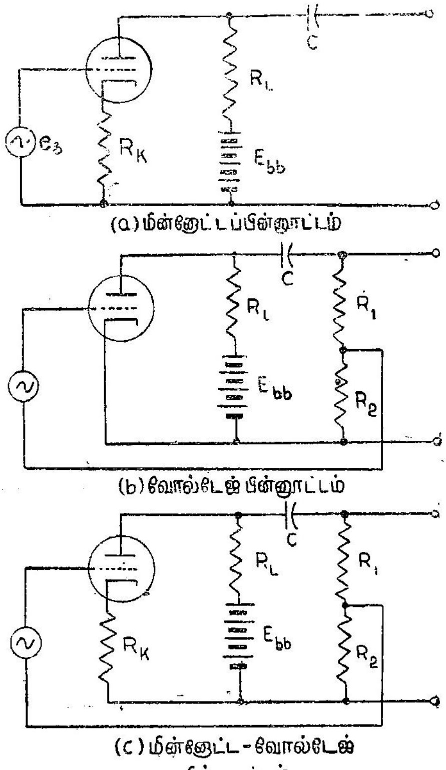
$1+AB = 10$ எனில், முதல் மேற்சுரக் குலைவு பின்னூட்டம் உள்ளபொழுது பத்தில் ஒரு பங்காகக் குறைகிறது. பின்னூட்டம் இல்லாவிடில் அது முழுமையாக வெளியீட்டில் தோன்றும் அன்றே?

பின்னூட்டச் சுற்றினை மின் நிலைமங்களையும், மின்தேக்கிகளையும் கலந்து அமைத்தால், பின்னூட்டமானது அதிர்வெண்களைப் பொறுத்து அமையும். இந்த முறையில் தேவையான அதிர்வெண் உணர்வு (Frequency response) உடைய பெருக்கிகளை அமைக்கலாம். பின்னூட்டச் சுற்று மின்தடைகளால் மட்டுமே கட்டப்பட்டால், பெருக்கு திறன் அதிர் வெண்ணைச் சாராது.

பின்னூட்டப் பெருக்கிகளுக்கு (Feed back amplifiers) எடுத்துக் காட்டான சுற்றுகள் படம் (8.16) ல் காணப்படுகின்றன. இவை மூவகைப்படும் :

(1) **மின்னோட்டப் பின்னூட்டம் (Current feed back) :** இதில் பின்னூட்டப்படும் மின்னழுத்தம், பளுவில் ஓடும் மின்னோட்டத்திற்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது.

(2) **வோல்ட்டேஜ் பின்னூட்டம் (Voltage feed back) :** இதில் பின்னூட்டப்படும் மின்னழுத்தம், பளுவின் முனைகளிடை உள்ள வோல்ட்டேஜுக்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது.



படம் 8.16

பின்னூட்டப் பெருக்கிகள்

(*a*) மின்னோட்டப் பின்னூட்டம்; (*b*) வோல்ட்டேஜ் பின்னூட்டம்; (*c*) மின்னூட்ட-வோல்ட்டேஜ் பின்னூட்டம்.

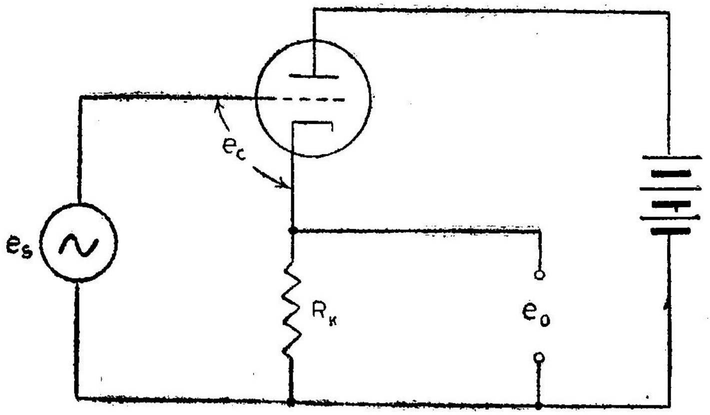
(3) மின்னோட்ட-வோல்ட்டேஜ் பின்னூட்டம் (**Current voltage feed back**) : இதில் மின்னோட்டப் பின்னூட்டம் மற்றும் வோல்ட்டேஜ் பின்னூட்டம் ஆகிய இரண்டும் கலந்துள்ளன.

வோல்ட்டேஜ் பின்னூட்டம் அதிர்வெண் குலைவையும், நேர் போக்கிலாக் குலைவையும் மட்டுப்படுத்துகிறது. மற்றும் மின்மூல 'ஹம்' (Power supply hum), குழாய் இரைச்சல் (Tube noise) இரண்டையும் குறைக்கிறது. மின்னோட்டப் பின்னூட்டம் உயர் அதிர்வெண் உணர்வை (High frequency response) உயர்த்துகிறது. ஆனால் தாழ் அதிர்வெண் உணர்வு மோசமாகிறது.

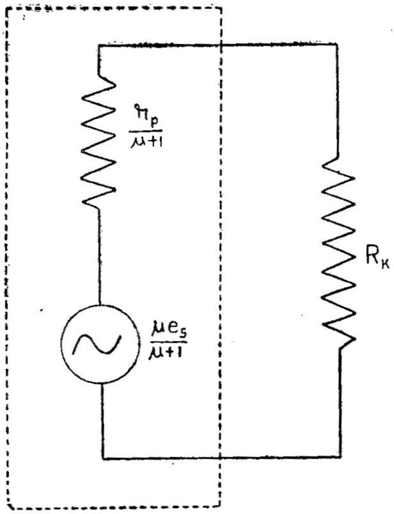
8.16 கேத்தோடு பின்னோடி (Cathode follower)

இவ் வகைப் பெருக்கிக்கான சுற்றுப்படம் (8.17)-ல் காண்கிறது. இதனில் வெளியீடு முழுவதுமே எதிர்ப் பின்னூட்டமாகிறது (Negative feed back) (அதாவது $B=1$). வெளியீடு மின்னழுத்தம் கேத்தோடு மின்தடை (Cathode resistor) R_k-யின் முனைகளிலிருந்து பெறப்படுகிறது. e_o-வும், e_s-ம் ஒத்த பிறையின என்பது காண்க. எனவேதான் கேத்தோடு பின்னோடி யெனப் பெயர் பெற்றது. இச் சுற்றின் பெருக்கு திறனைக் கணக்கிடுவோம்.

கிரிடு-கேத்தோடு மின்னழுத்தம் e_c என்க. பகுதி (8.12)-ல் படித்தவாறு இப் பெருக்கிக்கான இணைமாற்றுச் சுற்றினைக் கற்பனை செய்தால் அச் சுற்றில் மின்னோட்டம் $\mu e_c/(r_p+R_L)$ ஆகும்.



(a)



(b)
படம் 8.17

கேத்தோடு பின்தொடரியும் அதற்கான இணைமாற்றுச் சுற்றும்

இங்கு $R_L = R_k$; எனவே, R_k-யின் முனைகளிடையே மின்னழுத்தம் $= \frac{\mu e_c R_k}{(r_p + R_k)}$. இந்த மின்னழுத்தம் கிரிடின் மீது எதிராகப் பின்னூட்டப்படுகிறது.

எனவே,

$$e_c = e_s - \frac{\mu e_c R_k}{r_p + R_k} \qquad \ldots (8.14)$$

வலம் இடம் மாற்ற

$$e_s = e_c \frac{(r_p + R_k + \mu R_k)}{r_p + R_k} \qquad \ldots (8.15)$$

$$\text{பெருக்கு திறன்} = \frac{e_o}{e_s} = \frac{\mu e_c R_k / (r_p + R_k)}{e_c (r_p + R_k + \mu R_k) / (r_p + R_k)}$$

$$\therefore \text{பெருக்குதிறன்} = \frac{\mu R_k}{r_p + R_k + \mu R_k} \qquad \ldots (8.16)$$

$$= \mu R_k / [r_p + R_k (1 + \mu)]$$

பெருக்குதிறன் ஒன்றைவிடக் குறைவு என்பது வெளிப்படையாகத் தெரிகிறது. அப்படியானால் இச் சுற்றினைப் பயன்படுத்துவதில் என்ன ஆதாயம்?

முதலாக உள்ளீடும் வெளியீடும் ஒத்த பிறையுடையன (சாதாரண பெருக்கியிற் போல் 180 பிறை வேறுபாடு இல்லை). மேலும் சமன்பாடு (8.16)-ஐ

$$\text{பெருக்கு திறன்} = \frac{\left(\frac{\mu}{\mu+1}\right)R_k}{\frac{r_p}{\mu+1}+R_k} \quad \dots \quad (8.17)$$

என்று எழுதலாம். ஒரு டிரயோடின் பெருக்கு எண் $\mu/\mu+1$ என்றும், அதன் ஆனேடு மின்தடை $\frac{r_p}{\mu+1}$ என்றும் இருந்தால் அந்த டிரயோடும் சமன்பாடு (8.17)-ன் படியே பெருக்கு திறனுடையதாகும். எனவே, கேத்தோடு பின்னேடியில் அகமின் தடை (Internal resistance) r_p-யிலிருந்து $r_p/\mu+1$ ஆகக் குறைந்து விடுகிறது. எனவே, கேத்தோடு பின்னேடியின் வெளியீட்டு மின் தடையும் மிகக் குறைகிறது. ஆற்றல் பெருக்கிகளைப் பற்றிப் பின்னர்ப் படிக்கும்பொழுது, பெரும மதிப்புடைய ஆற்றலைப் பெருக்கியிலிருந்து பெற மின் எதிர்ப்புச் சமனம் (Impedance matching) தேவை யெனக் காண்போம். இந்த மின்எதிர்ப்புச் சமனம் செய்வதில் கேத்தோடு பின்னேடியின் குறைவான வெளியீட்டு மின்தடையும் பயன் தருகிறது. மேலும், இந்தப் பெருக்கிகளுக்கு உயர்ந்த உள்ளீடு மின்தடை (Input resistance or input impedance) உண்டு. எனவே, உயர்ந்த மின் எதிர்ப்பு உடைய மூலத்திற்கும், குறைவான மின்எதிர்ப்புடைய பளுவிற்கும் சமனம் செய்யக் கேத்தோடு பின்னேடி பயன்படுகிறது. மற்றும் இச் சுற்றில் நேர் போக்கிலாக் குலைவு மிகவும் குறைவாகும்.

8.17 டிரயோடின் செயல் பாட்டு வரம்புகள்

டயோடைப் போலவே டிரயோடின் செயலுக்கும் சில வரம்புகள் உண்டு. இதன் உச்ச மின்னேட்டம், ஆனேடின் வெப்பம் உமிழ்திறன், கேத்தோடு-ஆனேடு மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றிற்குத் தயாரிப்பாளர் குறித்த வரம்புகளுக்குட்பட்டுப் குழாயைப் பயன் படுத்தல் வேண்டும்.

கிரிடு மின்னழுத்தம் எதிராகவே உள்ள வரையில் எக் கெடுதியும் இல்லை. கிரிடு மின்னழுத்தம் நேராகும் சூழ்நிலையும் ஏற்படக் கூடும். அப்பொழுது எலெக்ட்ரான்கள் அதில் மோதுவதால் உண்டாக்கப்படும் வெப்பத்தை எளிதில் உமிழும் வகையில் கிரிடு அமைதல் வேண்டும். இதற்கெனத் தயாரிக்கப்பட்ட வால்வுகளை மேற்சொன்ன சூழ்நிலையில் பயன்படுத்தல் வேண்டும்.

9. பல மின்வாய் குழாய்கள் மற்றும் பென்ட்டோடு பெருக்கி

(Multielectrode tubes and pentode amplifier)

உயர் அதிர்வெண்களுடைய சுரங்களைப் பெருக்குவதில் டிரயோடுகள் நற்பயன் தரவில்லை. இதன்காரணம் மின்வாய்களிடை தோன்றும் மின்தேக்கம்தான். டிரயோடில் மின்வாய்களிடை மின் தேக்கம் சில பிகோஃபாரடுகள் (pF) தாம். நடுத்தர அல்லது தாழ் அதிர்வெண்களில் இதன் மின் மறுப்புப் புறக்கணிக்கத்தக்கது. ஆனால் உயர் அதிர்வெண்களில் இந்த மின் மறுப்புக் குறைந்து குழாயின் அகமின்தடையுடன் ஒப்ப மிகச் சிறியதாகிறது; எனவே, ஓர் இணைத் தடம் (Shunt) ஆகிறது. இதனால் பெருக்கியின் ஒரு பெரும் நிறை மறையும்; இது சைகை மூலம் தரவேண்டிய மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதாகும்.

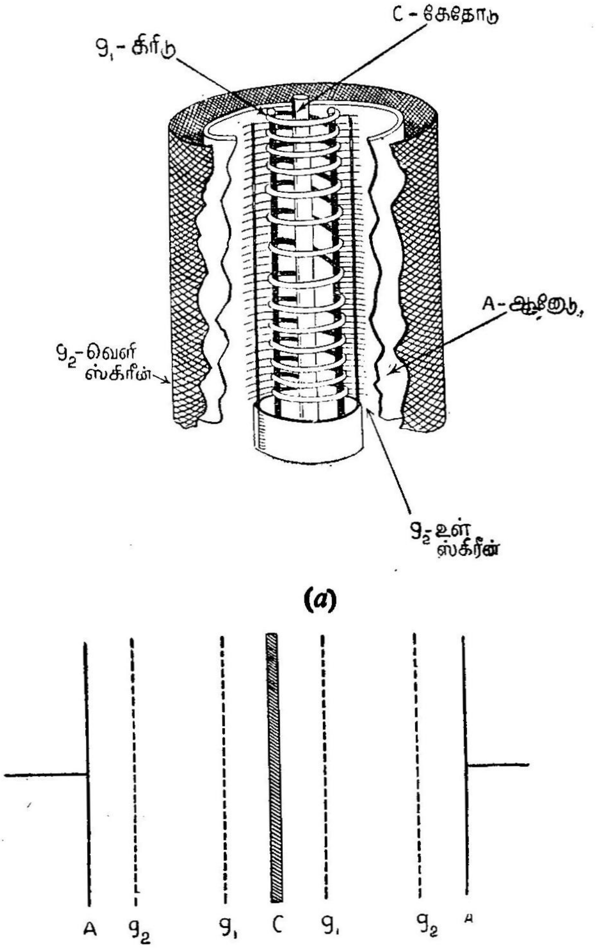
மேலும் உயர் அதிர்வெண்களில் ஆனோடுக்கும் கிரிடுக்கும் உள்ள மின்தேக்கம் அவற்றிடையே ஒரு பிணைப்பாகி நேர்ப் பின்னூட்டத்தை (Positive feed back) ஏற்படுத்துகிறது. இதனால் பெருக்கியின் நிலைப்பாடு குறைந்து அஃது அலையியற்றியாக (Oscillator) மாறும். எனவே, மின்வாய்களிடை மின்தேக்கம் கணிசமாகக் குறைக்கப்பட்டால்தான் மெகாசைக்கிள் சரகத்தில் பெருக்கி பயன்படும்.

டெட்ரோடு, பென்ட்டோடு என்பன முறையே நான்கு மற்றும் ஐந்து மின்வாய்களுடையன. இவற்றில் மின்வாய்களிடை மின் தேக்கம் மிக மிகக் குறைவானது.

9.1 ஸ்கிரீன்-கிரிடு (Screen-grid) :

பெருக்குதிறன் உச்சமாக வேண்டிய டிரயோடில் ஆனோடு-கிரிடு மின்தேக்கம் முக்கியமானதாகும். டெட்ரோடில் இதன் அளவு $0{\cdot}01\ pF$ என்றவாறிருக்கும். டிரயோடில் உள்ளதில் ஏறத் தாழ $\frac{1}{500}$ பங்குதான். டெட்ரோடு அமைப்புப் [படம் 9.1-ல் காண்

கிறது. டிரயோடில் ஆனேடுக்கும் கிரிடுக்கும் நடுவே மற்ெருரு கிரிடைப் புகுத்திஞல் டெட்ரோட் கிடைக்கிறது. இந்த நான்காவது மின்வாய் ஸ்கிரீன்-கிரிடு எனப்படும். இந்த நான்காவது மின் வாய் கிரிடை ஆனேடிலிருந்து நிலைமின்னியற் கவச மிட்டுப் (Electrostatic shield) பிரிக்கிறது. இந்தக் கவசத்தால் ஆனேடு-கிரிடு மின்தேக்கம் குறைகிறது. இதனுல் ஆனேடு மின்னேட்ட மாற்றங் கள் கிரிடில் மின்னூட்டம் செய்வதில்லை. 100 மெகாசைக்கிளுக்கு



(*a*)

(*b*)

படம் 9.1

ஸ்கிரீன்-கிரிடு வால்வின் அமைப்பும், அதில் ஸ்கிரீனின் இடமும்

மேலான அதிர்வெண்களில் தவிரச் சில குழாய்களில் ஆனோடின் உள், வெளிப் புறங்கள் இரண்டையுமே மறைக்குமாறு ஸ்கிரீன் அமைக்கப்படுகிறது (படம் 9.1) காண்க. மேலும் கிரிடைவிட ஆனோடுக்கு அருகாமையில் ஸ்கிரீன் அமைகிறது. ஸ்கிரீன்-கிரிடை இரண்டாவது கிரிடு (g_2) என்றும் சொல்வதுண்டு.

9.2 ஸ்கிரீன் மின்னழுத்தம் (Screen potential)

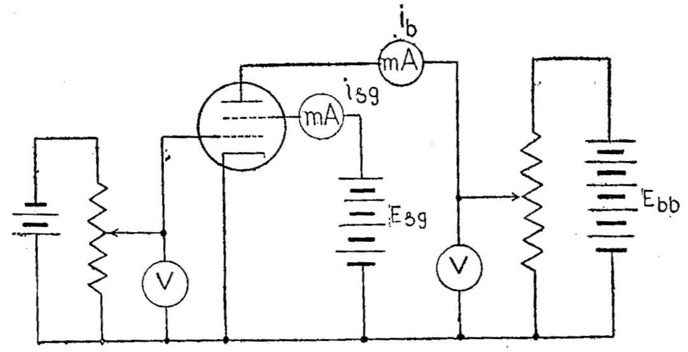
டெட்ரோடிலும் மின்னோட்டம் சூழ்மின்னூட்ட வரம்புடன் தான் ஏற்படுகிறது. இந்த மின்னோட்டம் கேத்தோடின் அருகாமை யில் உள்ள மின்புல வலிமையைப் பொறுத்தது. சூழ் மின்னூட்டம், மின்வாய்களின் மின்னழுத்தங்கள் இவற்றின் பலனே அந்த மின் புல வலிமை. ஆனால் ஆனோடுக்கு ஸ்கிரீன் ஒரு கவசமாதலால், கேத்தோடு அருகில் ஆனோடின் புலவலிமை மிகக் குறைவு. அதனால் சூழ்மின்னூட்ட வரம்புடைய மின்னோட்டம் பெரும்பாலும் ஸ்கிரீன் மின்னழுத்தத்தையே பொறுத்தது. எனவே, ஆனோடு மின்ன ழுத்தம் மிகுதியாயினும் கேத்தோடைப் பொறுத்து ஸ்கிரீன் கணிச மாக நேர் மின்னழுத்தம் ஏற்றால்தான் மின்னோட்டம் ஏற்படும். எனவே, ஸ்கிரீனுக்குக் குறிப்பிட்ட, தகுந்த மாறுத மின்னழுத்தம் கொடுத்து ஆனோடு மின்னோட்டம் தகுந்த மதிப்புடன் ஏற்படுத்தப் படுகிறது. இப்பொழுதும் ஆனோடு மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப் படுத்தும் தகுதி, கட்டுப்படுத்தும் கிரிடுக்குத்தான் உள்ளது.

ஸ்கிரீன் எலெக்ட்ரான்களை முடுக்குகிறது. இவை ஆனோடை அடைந்து ஆனோடு மின்னோட்டம் ஏற்படல் வேண்டும். எனவே, இவ்வாறு முடுக்கப்பட்டு, ஸ்கிரீன் ஊடே புகுந்து ஆனோடை அடைய, ஸ்கிரீன் தகடாக இல்லாமல் கம்பிகளால் அமைக்கப்படல் வேண்டும். இந்தக் கம்பிகளுக்கிடையே இடைவெளி (கட்டுப் படுத்தும் கிரிடை விட) அதிகம். ஆனாலும் ஆனோடுக்கு அருகா மையில் உள்ளதால் கிரிடிடமிருந்து ஆனோடைக் கவசமிடு கின்றன. ஆனோடு மின்னழுத்தம் ஸ்கிரீனினுடையதை விட அதிகமாக இருத்தல் வேண்டும்.

9.3 டெட்ரோட்டு நிலைப்பண்பியல் கோடுகள் (Static characteristics of a tetrode)

படம் 9.2-ல் காணும் சுற்று இக் கோடுகளை வரைய உதவு கிறது. தயாரிப்பாளர் கூறும் மின்னழுத்தம் ஸ்கிரீனுக்குச் செலுத்தப் பட்டு நிலையாகிறது. பின்னர் டிரயோடின் பண்பியல் கோடுகள் வரையப்பட்ட முறையே இங்கும் பின்பற்றப்படுகிறது. இந்தப் பண்பியல் கோடுகள் படம் (9.3)-ல் காண்கின்றன. இவற்றை டிரயோடின் பண்பியல் கோடுகளுடன் ஒப்பிடுக. ஸ்கிரீனைவிட ஆனோடின் மின்னழுத்தம் உயர்வாகும்பொழுது, மின்னோட்டம்

ஆனோடு மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்திருக்கவில்லை. மற்றும் இக் கோட்டில் கிறுக்கலான வளைவு ஒன்று காணப்படுகின்றது. இந்த

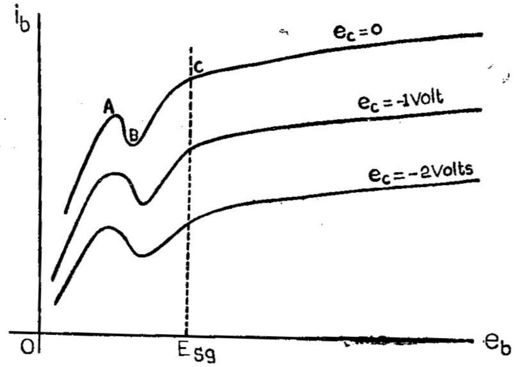


படம் 9.2

டெட்ரோடு பண்பியல்களுக்கான சுற்று

வளைவு பின்வரு எலெக்ட்ரான்களால் (Secondary electrons) ஏற்படுகிறது.

உயர் அதிர்வெண்களில் (அல்லது ரேடியோ அதிர்வெண்களில்) பயன்படும் பகுதி *CD* ஆகும். ஏனெனில் இப் பகுதிதான் நேர்க்



படம் 9.3

டெட்ரோடின் நிலைப் பண்பியல் கோடுகள்

கோடாக உள்ளது. நேர்ப்போக்கான செயல்பாட்டுக்கு (Linear operation) உதவுகிறது. கோடு *CD*, e_b ஆயத்திற்குச் சிறிது கோணியுள்ளது. எனவே, டெட்ரோடின் A.C மின்தடை அதிகமாகும்.

இது ஸ்கிரீனைப் புகுத்தியதன் விளைவாகும். ஆனோடு மின்னழுத்தம் $\triangle e_b$ மின்னோட்டத்தைக் கணிசமாக மாற்றாது; மாற்றம் $\triangle e_b$ ஏற்படுத்தும் மின்னோட்ட மாற்றம் $\triangle i_b$ மிகக் குறைவு. எனவே $r_p = \frac{\triangle e_b}{\triangle i_b}$ உயர்வாகும். இதுபோலவே பெருக்க எண் $\mu = \frac{\triangle e_b}{\triangle e_c}$-யும் உயர்வாகும். ஏனெனில் கிரிடு மின்னழுத்தம் $\triangle e_c$ மாற, அதனால் ஏற்படும் விளைவே i_b-யில் ஏற்படுத்தத் தேவையான ஆனோடு மின்னழுத்த மாற்றம் $\triangle e_b$ மிக அதிகமாகிறது. டெட்ரோடில் ஆனோடின் A.C மின்தடை 0·51-லிருந்து 2 மெகோம்கள் வரை யுண்டு. பெருக்க எண் 500 — 2000 என்ற நெடுக்கத்தில் உள்ளது. பரிமாற்று—மின்கடத்து திறன் மட்டும் டிரயோடைப் போன்ற மதிப்பே உடையது. ஏனெனில் கேத்தோடில் கிரிடிடால் ஏற்படும் மின்புலம் ஸ்கிரீனால் பாதிக்கப்படவில்லை.

ஆனோடு மின்னழுத்தமானது ஸ்கிரீன் மின்னழுத்தத்தைவிடக் குறைந்தால் ஆனோடு மின்னோட்டம் விரைவாகக் குறைகிறது (பகுதி *CB*). ஆனோடு பின்வரு எலெக்ட்ரான்களை உமிழ்கிறது. சாதாரணமாக, *E*-யை விட அதிகமான மின்னழுத்தம் ஆனோடுக்குச் செலுத்தப்பட்டுக் குழாய் செயல்படும்பொழுது பின்வரு எலெக்ட்ரான்கள் மீண்டும் ஆனோடையே சேர்கின்றன. ஆனால் ஸ்கிரீன் ஆனோடை விட உயர்வான மின்னழுத்தம் பெற்றால், பின்வரு எலெக்ட்ரான்களில் பல ஸ்கிரீனை அடைகின்றன. எனவே, ஆனோடு மின்னோட்டம் குறைந்து, ஸ்கிரீன் மின்னோட்டம் கூடுகிறது. ஆனோடு மின்னழுத்தம் 20 — 30*V*-யிக்குக் குறைந்தால் பின்வரு எலெக்ட்ரான்கள் தோன்றுவதில்லை. எனவே, ஆனோடு மின்னோட்டம் மீண்டும் கூடுகிறது. இப்பகுதியைப் படத்தில் *BA* குறிக்கும்.

கோட்டின் பகுதி *AB*-யில் ஆனோடு மின்னழுத்தம் கூட, மின்னோட்டம் குறைகிறது. அஃதாவது $r_{ac} = \frac{\triangle e_b}{\triangle i_b}$ எதிர் மின்தடையாகிறது. அஃதாவது, மின் அழுத்தம் அதிகரிக்கும்பொழுது மின்னோட்டம் குறைகிறது. டைனட்ரான் அலையியற்றியில் இப் பண்பே பயன்படுகின்றது.

9.4 டெட்ரோடு மின்னழுத்தப் பெருக்கி (Tetrode voltage amplifer)

நேர்ப்போக்குப் பண்புடைய பெருக்கி, பண்பியல் கோட்டின் நேரான பகுதியில் செயல்படுகிறது. இப்பகுதியில் ஆனோடு மின்னோட்டம் ஏறத் தாழ ஆனோடு மின்னழுத்தத்தைச் சார்ந்

திருக்கவில்லையாதலால், பளு மின்தடையில் தோன்றும் d.c மின்னழுத்த இறக்கம் ஆனோடு மின்னோட்டத்தைப் பாதிக்காது. எனவே இயக்கப் பண்பியல் கோடு E_{bb}-யின் மதிப்பைப் பொறுத்தது அன்று. படம் (9.3)-லிருந்து, டெட்ரோடின் r_p மற்றும் μ இரண்டும் உயர்மதிப்புடையன என்று தெரிகிறது. இதனால்

$$\text{பெருக்கு திறன் (Gain)} = \frac{\mu R_L}{r_p + R_L} \quad \ldots \quad (9.1)$$

என்பதைத் தகுந்தவாறு சுருக்கலாம். R_L உயர உயர, பெருக்கு திறனும் உயர்ந்து μ-வை நெருங்குகிறது. டெட்ரோடுக்கு $\mu < 500$ ஆதலால் இந்தப் பெருக்கியின் திறன் 500-ஐ எட்டும் என ஊகிப்பது தவறாகும். நடைமுறையில் r_p உயர்மதிப்புடையது. ஆதலால் R_L ம் உயர்மதிப்பாக வேண்டியிருப்பதால், நடைமுறையில் பெருக்குதிறனை μ-வுக்குச் சமமாக்க இயலாது. $r_p = 1$ மெகோம் எனில், $R_L = 1$ மெகோம் ஆனால்தான் பெருக்கியின் திறன் $\frac{\mu}{2}$ ஆகும். இத்தகைய உயர்மதிப்புடைய பளு மின்தடையைப் பயன்படுத்த மிகவும் உயர்ந்த மின்னழுத்தமுடைய பேட்டரி தேவை. மேலும் உயர்மதிப்புடைய R_L-ன் பரவலான மின்தேக்கம் (Distributed capacitance) ரேடியோ அதிர்வெண்களின் பெருக்கியின் பயனைக் குறைத்து விடும். பொதுவாக R_L ஆனது r_p-ஐ விடக் கணிசமாகக் குறைவா யிருத்தல் வேண்டும். எனவே, சமன்பாடு (9.1)

$$\text{பெருக்கு திறன்} = \frac{\mu R_L}{r_p + R_L} = \frac{\mu R_L}{r_p} = g_m R_L \ldots \quad (9.2.)$$

$\left(\text{இங்கு } \frac{\mu}{r_p} = g_m\right)$ என்றாகும். சமன்பாடு (9.2)-லிருந்து டெட்ரோடு பெருக்கியின் திறன் அதன் பரிமாற்று கடத்துத் திறனுக்கும் பளுமின் தடைக்கும் நேர் விகிதத்தில் உள்ளது எனத் தெரிகிறது. (பென்ட்டோடுக்கும் இது பொருந்தும் எனப் பின்னர்க் காண்போம்). எனவே, டெட்ரோடு, பென்ட்டோடு பெருக்கிகளின் பெருக்கு திறன்களை அவற்றின் g_m மதிப்புகளே சுட்டிக் காட்டும். இச் சமன்பாடு (9·2) டிரயோடுகளுக்குப் பொருந்தாது.

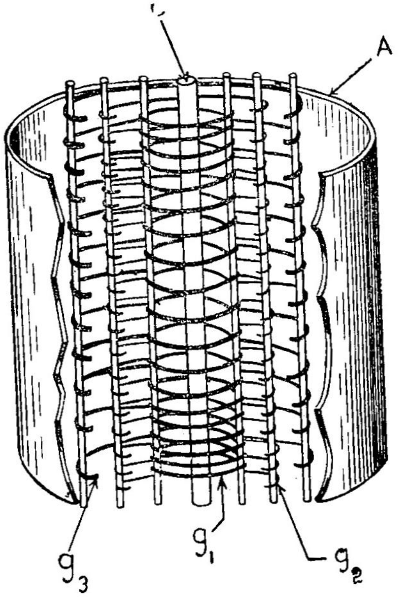
டெட்ரோடு, பென்ட்டோடு பெருக்கிகளுக்கு நடைமுறையில் பெறக்கூடிய பெருக்கு திறன் டிரயோடை விட அதிகம். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு குறிப்பிட்ட டிரயோடு பெருக்கியின் பெருக்கு எண் 20 என்றும், அதுவே அப்பெருக்கியின் பெருக்கு திறன் பெருமமாகும்பொழுதும் 20 தான் என்றும் பாடம் 8-ல் படித்தோம். இந்த டிரயோடின் $g_m = 2500\mu$ மோ. இதே g_m மதிப்புடைய டெட்ரோடின் (அல்லது பென்ட்டோடின்) பெருக்கு திறன், பளுமின்டை 50K உள்ளபொழுது,

பெருக்கு திறன் $= g_m R_L = 2500 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^3 = 125$. டெட்ரோடு, பென்ட்ரோடு பெருக்கிகளில் 100 முதல் 200 வரையான பெருக்கு திறன் மிகச் சாதாரணம்.

டெட்ரோடு பண்பியல் கோட்டின் நேர்க்கோட்டுப் பகுதியின் நெடுக்கம் டிரயோடுக்கான நெருக்கத்தைவிட மிக நீளமானது. எனவே, குலைவு நிகழாதவாறு, சைகையின் வெளியீடு மின்னழுத்தமும் அதிகமாகலாம். இதனால் பண்பியல் கோட்டின் நேர்க்கோடான பகுதியை இன்னும் நீளமாக்கலாம் என்ற விருப்பம் எழுவது இயற்கையே. குழாயில் மூன்றாவது கிரிடைப் புகுத்துவதால் பண்பியல் கோட்டில் காணப்படும் வளைவுகளை நேராக்கலாம்.

9.5 பென்ட்டோடும் அதன் நிலைப்பண்பியல் கோடுகளும் (Pentode and its static characteristics)

டெட்ரோடில், ஸ்கிரீன் மின்னழுத்தத்தைவிட ஆனோடு மின்னழுத்தம் குறையும்பொழுது, ஆனோடு மின்னோட்டம் குறைந்து, ஸ்கிரீன் மின்னோட்டம் கூடுகிறது எனப் பகுதி (9.3)-ல் படித்தோம். இது பின்வரு எலெக்ட்ரான்கள் ஸ்கிரீனை அடைவதால் ஏற்படுகிறது என்றும் கண்டோம். இந்த விளைவை நீக்கும் வகையில் பென்ட்டோடு 1933-ல் அமைக்கப்பட்டது. இதன் அமைப்பு படம் (9.4)-ல் காண்க. ஐந்தாவது மின்வாய் (Fifth electrode) அடக்கு-கிரிடு (Suppressor grid) எனப்படும். இதனை மூன்றாவது (g_3) அல்லது சப்ரசர் என்றும் கூறுவதுண்டு. இஃது ஆனோடுக்கும்



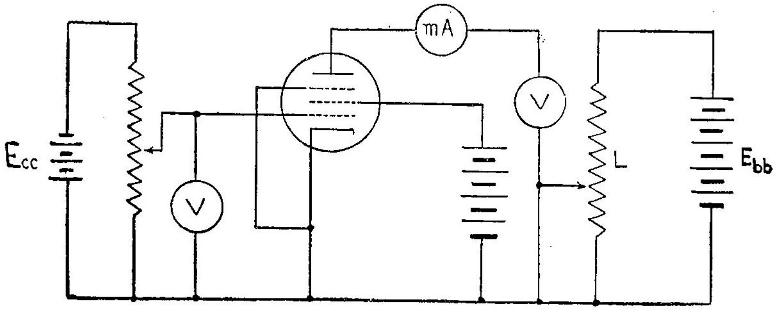
படம் 9.4

பென்ட்டோடின் அமைப்பு

ஸ்கிரீனுக்கும் நடுவே அமைந்து கேத்தோடின் மின்னழுத்தத்தில் அல்லது அதனின்றும் சிறிதே வேறுபடும் மின்னழுத்தத்தில் உள்ளது. சில பென்ட்டோடுகளில் அதன் அகத்திலேயே சப்ரசரும் கேத்தோடும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. மற்றும் சில வற்றில் இரண்டிற்கும் தனித்தனியே இணைப்பு முளைகள் குழாய்க்கு வெளியே உண்டு.

ஆனோடு பின்வரு எலெக்ட்ரான்களை உமிழ்வதைச் சப்ரசர் தடுப்பதில்லை. ஆனால் இந்த எலெக்ட்ரான்களை மீண்டும் ஆனோடுக்கே விரட்டுவதன் மூலம் அவற்றின் விளைவுகளைச் சப்ரசர் நீக்குகிறது. கேத்தோடிலிருந்து வரும் எலெக்ட்ரான்களைச் சப்ரசர் பாதிக்காத வகையில் சப்ரசர் கம்பிகளின் இடைவெளிகள் அதிகமாகும் ஆனால் ஆனோடுக்கு அருகாமையிலுள்ளதால் குறைவேகமுடைய பின்வரு எலெக்ட்ரான்களை ஆனோடுக்கே விரட்டுகிறது.

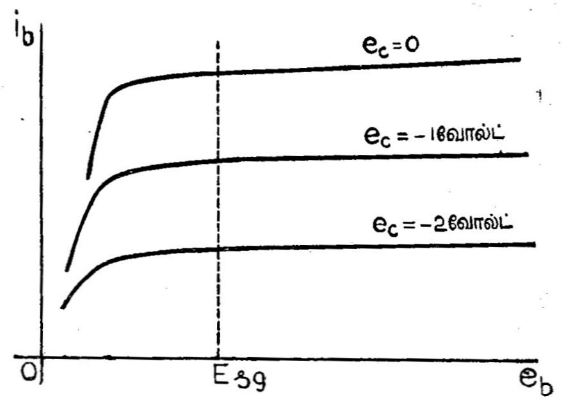
பென்ட்டோடின் நிலைப்பண்பியல் கோடுகளை வரைவதற்கான சுற்றுப் படம் (9.5)-ல் காணப்படுகிறது.



படம் 9.5

பென்ட்டோடு பண்பியல் கோடுகள் வரையப்பயன்படும் சுற்று

படம் (9.6)-ல் பென்ட்டோடு பண்பியல் கோடுகள் காண்கின்றன. ஸ்கிரீன் மின்னழுத்தம் E_{sg}. கிறுக்கலான வளைவுகள் காணப்படவில்லை. நேர்க்கோட்டுப்பகுதி டெட்ரொடினதைவிட நீளமாகக் காண்கிறது. பென்ட்டோடு குணகங்கள் (Pentode valve co-efficients) டெட்ரோடின் குணகங்களினின்றும் மிகுதியாக வேறுபடவில்லை. பென்ட்டோடு பண்பியல் கோடுகள் டெட்ரோடின் கோடுகளை விட அதிக நேர்ப் போக்குடையன வாதலின் மின்னழுத்தப் பெருக்கிகளாக (டெட்ரோடுகளை விட) பென்ட்டோடுகள் பெரிதும் பயன்படு**கின்றன.** உயர் அதிர்வெண்களுக்கான பெருக்கிகளில் பென்ட்டோடுகள் பயன்படுகின்றன. மற்றும் தாழ் அதிர்வெண்களில் பெருக்குதிறன் அதிகமாகத் தேவை யென்றால் பென்ட்டோடுகள்



படம் 9.6

பென்ட்டோடு பண்பியல் கோடுகள்

பயன்படுகின்றன. அதிர்வெண் மிக உயர்வில்லை யெனில், டிரயோடின் நடுத்தரமான (Moderate) பெருக்கு திறன் போது மென்றால், டிரயோடு பெருக்கியைப் பயன்படுத்துவதே நல்லது. ஏனெனில், அதில் குலைவுகள் குறைவு.

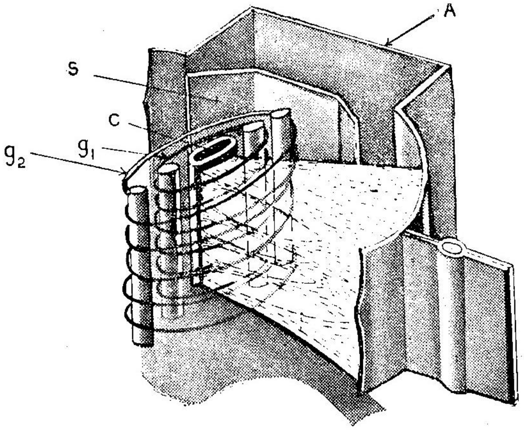
சமன்பாடு (9.2)-ஐப் பயன்படுத்தி பென்ட்டோடு பெருக்கி யின் பெருக்கு திறனைக் கணக்கிடலாம்.

9.6 எலெக்ட்ரான் கற்றை —ஆற்றல் வால்வுகள் (Beam power tubes)

பென்ட்டோடின் பண்புகளை உடைய டெட்ரோடு ஒன்றின் படம் 9.7 ஆகும். இக் குழாயில் தனியான சூட்டுச் சுருளால் சூடேற்றப்படும் பெரிய கேத்தோடு உள்ளது ஸ்கிரீன் கிரிடு கம்பி கள், கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு கம்பிகளுக்கு நேர்ப் பின்னால் உள்ளன. எலெக்ட்ரான் கற்றையைப் பொறுத்த வரையில், கிரிடு கம்பிகளின் 'நிழலில்' ஸ்கிரீன் கம்பிகள் உள. இந்த அமைப்பினால் ஸ்கிரீனைச் சேரும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மிகவும் குறைந்து விடுகிறது.

கற்றையை உருவாக்க இரண்டு உலோகப் பலகைகள் கேத்தோடுடன் இணைகின்றன. கேத்தோடு உமிழும் எலெக்ட் ரான்களைக் குறுகலான நல்ல வடிவமுடைய கற்றைகளாக்குவதற்கு ஏற்றவகையில் இப் பலகைகளின் வடிவம் உள்ளது. நேர்மின்ன ழுத்தம் உடைய ஸ்கிரீனைத் தாண்டிய எலெக்ட்ரான்களின் வேகம் அதிகம். வடிவாக்கும் பலகைகளின் அண்மையால் இந்த வேகம் சிறிதே குறைகிறது. எனவே, ஸ்கிரீனுக்கும் ஆனோடுக்கும்

இடையே எலெக்ட்ரான் திணிவு அதிகரிக்கிறது. இத்திணிவு சப்ரசராகச் செயல்பட்டுப் பின்வரு எலெக்ட்ரான்களை ஆனோடுக்குத் திருப்பி விரட்டுகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான் திணிவு ஒரு மாய சப்ரசரை (Virtual suppressor) ஏற்படுத்துகிறது. ஆனால் எலெக்ட்ரான் ஓட்டத்தில் குறுக்கிடும் மூன்றுவது கிரிடு இல்லை.



படம் 9.7

பீம்—பவர் குழாய்

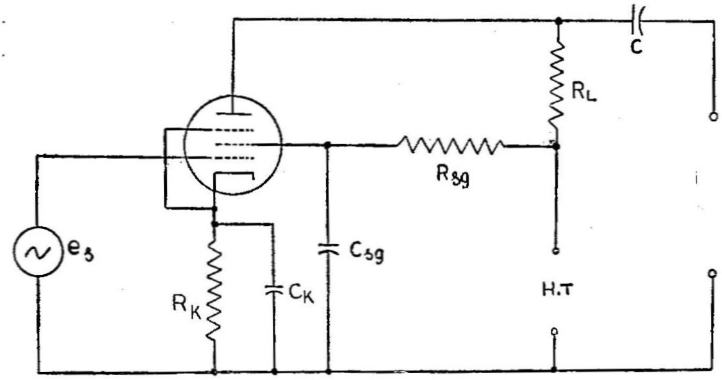
கற்றையாக்கம் (Beam formation), குறைவான ஸ்கிரீன் மின்னோட்டம், மற்றும் 'மாய' சப்ரசர் செயல் இவை மூன்றுமாகக் கூடி விரும்பத்தக்க அளவிற்கு நேர்ப் போக்கான பண்பியல் கோட்டினை (அதிகமான மின்னோட்ட நெடுக்கத்தில்) தருகிறது. இந்த பீம்-பவர் குழாய் ஆற்றல் பெருக்கிகளில் (Power amplifier) பயன்படுகிறது.

9.7 பென்ட்டோடு பெருக்கி (Pentode amplifier)

டெட்ரோடு பெருக்கி, பென்ட்டோடு பெருக்கிகளின் சுற்றுகள் ஒத்த தன்மையன. சப்ரசர் இல்லாத பென்ட்டோடாக, டெட்ரோடைக் கருதலாம். பென்ட்டோடின் கிரிடு சுற்று, ஆனோடு சுற்றுகள் டிரயோடின் இச் சுற்றுகள் போன்றவைதாம். படம் (9.8) பென்ட்டோடு பெருக்கியின் சுற்று ஆகும். சப்ரசர் சாதாரணமாகக் கேத்தோடுடன் நேராக இணைகிறது. ஸ்கிரீனுக்கு நேர்மின்னழுத்தம் E_{sg} (ஏறத்தாழ 100 வோல்ட்) தேவை. இது B பேட்டரியின் மின்னழுத்தத்தைவிடக் குறைவுதான். ஆதலால் அதிலிருந்தே E_{sg}-யும் பெறப்படுகிறது. இதற்காக மின்தடை R_g

இணைக்கப்படுகிறது. R_{sg}-யில் பாயும் ஸ்கிரீன் மின்னோட்டம் காரணமாக, ஸ்கிரீனுக்கு ஏற்ற மின்னழுத்தம் B பேட்டரியிலிருந்தே கிடைக்கிறது. ஸ்கிரீன் மின்னோட்டம் உயர்ந்தால் R_{sg}-யில் தோன்றும் மின்னழுத்த இறக்கமும் உயரும். எனவே, ஸ்கிரீன் மின்னழுத்தம் குறைந்து மின்னோட்டத்தையும் குறைக்கும். எனவே தவறுதலாக ஸ்கிரீன் அதிகச் சூடேறுவது தவிர்க்கபடும். இதனால் பெருக்கியின் நிலைப்பாடு அதிகரிக்கிறது.

மின்தேக்கி C_{sg} பின்னூட்டத்தைத் தடுக்கிறது. இது சுற்றில் இல்லையெனக் கொள்க. முதல் கிரிடு (g_1)-ன் எதிர் மின்னழுத்தம் சிறிது உயர்ந்தால் (Less negative) g_1-ன் ஊடே அதிக எலெக்ட்ரான்கள் செல்கின்றன ஸ்கிரீன், ஆனோடு மின்னோட்டங்கள்உயர்கின்றன. R_{sg}-யில் மின்னோட்ட உயர்வு E_{sg}-யைக் குறைக்கிறது.



படம் 9.8

பென்ட்டோடு பெருக்கி (கேத்தோடு பயசுடன்)

இஃது ஆனோடு மின்னோட்டத்தைக் குறைக்கிறது. இந்தத் தொடரான நிகழ்வுகள் எதிர்ப் பின்னூட்டத்தை ஏற்படுத்திப் பெருக்கியின் திறனைக் குறைகின்றன.

சைகை அதிர்வெண்ணில் C_{sg}-யின் மின்மறுப்புக் குறைவானால் ஸ்கிரீன் மின்னோட்டத்தின் *ac* பகுதி C_{sg} வழியே புவியை அடைகிறது. எனவே, E_{sg} நிலையாகிறது. மின்னூட்டம் நிகழ்வதில்லை.

படம் 9.3-ல் கேத்தோடு மூன்று சுற்றுகளுக்குப் பொதுவாகிறது. இவை கிரிடு சுற்று, ஆனோடு சுற்று மற்றும் ஸ்கிரீன் சுற்று ஆகியவை யாகும்.

122

10. பெருக்கி அடுக்குகள்
(Multistage amplipiers)

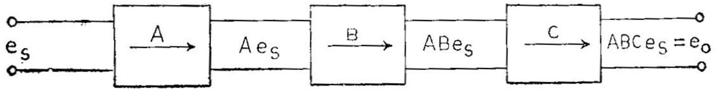
எலெக்ட்ரானியல் பெருக்கிக்கான உள்ளீடு பெரும்பாலும் சில மில்லிவோல்ட் அல்லது மைக்ரோ வோல்ட்கள் ஆகும். இவற்றிலிருந்து பயனுறும் வகையில் மின்னழுத்தம் பெற ஒரே ஒரு பெருக்கியின் — பென்ட்டோடு பெருக்கியானுல்கூட — பெருக்கு திறன் போதாது; ஏறத் தாழப் பெருக்கு திறன் 10^6 தேவை.

ஒரு பெருக்கியின் பெருக்கு திறன் போதவில்லை யெனில், பல பெருக்கிகளை ஒன்றன்பின் ஒன்ருக அடுக்குவதால் பெருக்கி அடுக்குப் பெறப்படுகிறது. இந்த அடுக்கினில் முதல் பெருக்கியின் வெளியீடு இரண்டாவது பெருக்கியின் உள்ளீடு ஆகிறது. இதுபோலவே பிற பெருக்கிகளுக்கும் ஆகும். இவ்வகையில் மூன்று அல்லது நான்கு பெருக்கிகளை அடுக்கினுல் போதும். ஏனெனில் ஒவ்வொரு பென்ட்டோடு பெருக்கிக்கும் பெருக்கு திறன் 100 என்ருல் இதுபோல் மூன்று பெருக்கிகளின் பெருக்கு திறன் 10^6 ஆகிறது. அடுக்கினில் ஒவ்வொரு பெருக்கியும் முன் பாடங்களில் விளக்கியபடி செயல் புரிகின்றன. அடுக்கினில் எல்லாப் பெருக்கிகளுக்கும் பொதுவான *B*-பேட்டரியே பயன்படுத்தலாம். இவ்வாறு பெருக்கிகளை அடுக்கும் பொழுது ஒரு தட்டு (Stage) மற்ருெரு தட்டுடன் குறுக்கிடாதவாறு முன்னெச்சரிக்கை தேவை. இப்பாடத்தில் தட்டுகளிடையே பிணைப்பு (Interstage coupling) ஏற்படுத்துவதற்கும் தேவையற்ற குறுக்கீடுகளைத் தடுப்பதற்குமான வழிமுறைகளைப் படிப்போம்.

10.1 தட்டுகளிடையே பிணைப்பு (Interstage coupling)

முதல் பெருக்கியின் வெளியீடு சைகை இரண்டாவது பெருக்கியின் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படல் வேண்டும். படம் (10.1) பெருக்கிகள் அடுக்கின் தத்துவ விளக்கம் ஆகும். மூன்று தட்டுகளின் பெருக்கு திறன் முறையே A, B, C ஆயின் முதல் பெருக்கியின் வெளியீடு Ae_s, இரண்டாவதின் வெளியீடு ABe_s, மூன்ருவதின்

வெளியீடு $ABCe_s$ ஆகும். எனவே, அடுக்கின் பெருக்கு திறன் = ABC = தனித் தனிப் பெருக்குகளின் பெருக்கு திறன்களின் பெருக் கற்பலன்.



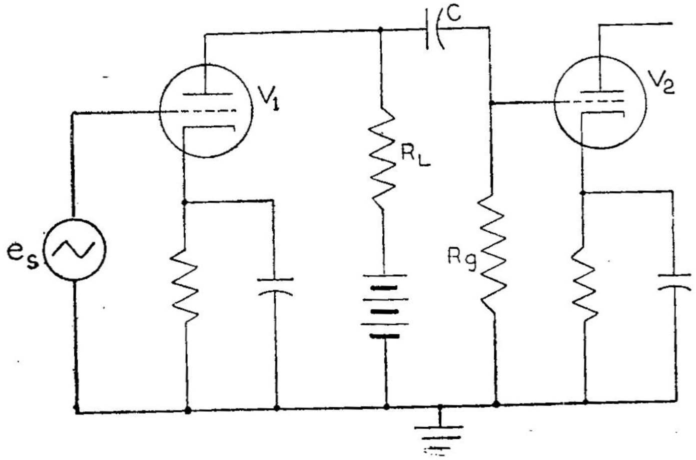
படம் 10.1

மூன்று தட்டுப் பெருக்கி

இப்படிப் பிணைப்பதற்கு மூன்று முறைகள் உண்டு. அவை யாவன: (1) பெரும்பாலும் பயன்படும் மின்தடை—மின்தேக்கப் பிணைப்பு (Resistance—capacitance coupling) —சுருக்கமாக R-C பிணைப்பு; (2) மின்நிலைம மின்தேக்கப் பிணைப்பு (Inductance—capacitance coupling)— சுருக்கமாக L-C பிணைப்பு; (3) மின் மாற்றிப் பிணைப்பு (Transformer coupling).

10.2 R–C பிணைப்பு (R-C Coupling)

முதல் பெருக்கியின் பளுமின்தடை R_L-ன் முனைகளிடை தோன்றும் மின்னழுத்தத்தை, நேராகவே இரண்டாவது பெருக் கியின் கிரிடு-கேத்தோடு முனைகளிடையே பிரயோகித்தால் என்ன?



படம் 10·2

R-C பிணைப்பு

R_L-ன் முனைகளிடையே தோன்றும் மின்னழுத்தத்தில் ஒரு d.c கூறும், அதன் மேற்பொருந்திய a.c சைகையும் உள்ளன. இரண்

டாவது வால்வின் செயல்படு புள்ளியைப் பாதிக்காதவாறு d.c சுற்றினைத் தடுத்தல் வேண்டும். இதற்காக ஒரு தடுக்கும் மின்தேக்கி (Blocking capacitor) C, முதல் பெருக்கியின் ஆனோடுக்கும் இரண்டாவது பெருக்கியின் கிரிடுக்கும் இணைக்கப்படுகிறது. இது a.c சைகையைப் பாதிக்காமல் d.c மின்னழுத்தத்தை மட்டுமே தடுக்கிறது. இந்த மின்தேக்கியின் காரணமாக, மிதக்கும் கிரிடைத் தவிர்க்க ஒரு கிரிடு மின்தடை (Grid resistor) R_g-யும் தேவையாகிறது. படம் (10.2) ஒரு R-C பிணைப்புச் சுற்று ஆகும். C-யைப் பிணைக்கும் மின்தேக்கி (Coupling capacitor) என்கிறோம். முதல் பெருக்கியின் கிரிடில் சைகை மின்னழுத்தம் e_s என்க. இதன் பெருக்கு திறன் A எனில், R_L-ல் தோன்றும் சைகை Ae_s ஆகும். இந்த மாறுதிசை மின்னழுத்தம் Ae_s ஆனது C-யும் R_g-யும் தொடராக உள்ள சுற்றுக்குச் செலுத்தப்படுகிறது. எனவே Ae_s-ன் ஒரு பகுதி R_g-யின் முனைகளிடையே தோன்றி இரண்டாவது பெருக்கியின் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படுகிறது.

(அ) R_g-யின் முனைகளிடையே தோன்றும் மின்னழுத்தம்

$$= \frac{Ae_sR_g}{\sqrt{R_g{}^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}$$

[இங்கு $\omega = 2\pi f$; உள்ளீடு மாறுதிசை மின்னழுத்ததின் அதிர்வெண் $= f$]

இந்த மதிப்பு, Ae_s-க்கு ஏறத் தாழச் சமமானால் இரண்டாவது பெருக்கியின் கிரிடுக்கு அதிகமான மின்னழுத்தம் கிடைக்கும். இதற்கு R_g ஆனது, $\frac{1}{\omega C}$ -யை விட மிக அதிகமாக வேண்டும். எனவே, R_g-யும், C-யும் உயர்மதிப்புடையன ஆதல் வேண்டும்.

(ஆ) முதல் பெருக்கியின் பளுமின்தடை R_L-மட்டுமே யன்று. ஏனெனில் தொடராக உள்ள C-R_g கூட்டு R_L-உடன் பக்க இணைப்பில் உள்ளது. (அ)-வில் சொன்னபடி C தேவைக்குத் தகப் பெரியதானால், குழாய் V_1-ன் ஆனோடு பளு பக்க இணைப்பில் உள்ள R_L-ம் R_g-யும், மட்டுமே ஆகும். அஃதாவது பளு $= \frac{R_LR_g}{R_L+R_g}$.

எனவே, V_1 தரும் பெருக்கு திறன் $= \frac{\mu[R_LR_g / (R_L+R_g)]}{[r_p+R_LR_g/(R_L+R_g)]}$.

இதனால் பெருக்கு திறன் $\frac{\mu R_L}{r_p+R_L}$ -க்கு ஏறத்தாழச் சமமாக வேண்டுமானால் R_g (R_L உடன் ஒப்பிட) மிகப் பெரியதாக வேண்டும். R_L-ஐப் போல் R_g ஐந்து மடங்கு ஆகலாம்.

(இ) R_g, C இவற்றை மிகப் பெரிய மதிப்புகளாக்கினால் மிக நல்ல பெருக்கி கிடைக்குமா ? ஆனால் இந்த மதிப்புகளுக்கு நடைமுறை வரம்புகள் உண்டு. $R_g = 10$ மெகோம் ஆனால், இஃது ஏறத்தாழ மிதக்கும் கிரிடைத் தோற்றுவிக்கும். எனவே, சாதாரணமாக R_g, 2 மெகோம்களுக்கு உயர்வாகக் கூடாது.

C-யின் மதிப்பைப் பெரும்பாலும் பெருக்கப்படும் மின்னழுத்தங்களின் அதிர்வெண்கள் நிர்ணயிக்கின்றன. AF ($20 - 20{,}000$ H_z) பெருக்கிகளில் சைகைகள் சில சமயம் மிக வலிமையுடையதாகலாம். இதனால் இரண்டாவது கிரிடு சிறிதே நேர் மின்னழுத்தம் பெற்றாலும் கிரிடு மின்னோட்டம் ஏற்பட்டு அது C-யை மின்னேற்றும். ஆக C விரைவாக மின்னிறக்கம் செய்ய எளிதாக C-R_g-யின் நேர மாறிலி (Time constant) மிகக் குறைவாக வேண்டும். இல்லையெனில், மிதக்கும் கிரிடு தோன்றலாம் சாதாரணமாக AF பெருக்கிகளில் இந்த நேரமாறிலி $0{\cdot}01$ முதல் $0{\cdot}001$ செகண்டுகள் ஆகும். $R_g = 1M$, $C = 0{\cdot}01\mu F$ என்பவை தகுந்த மதிப்புகள். இப்படிப்பட்ட பெருக்கியில் சாதராணமாகக் குறை அதிர்வெண்களுக்குப் பெருக்கு திறன் குறையும்.

உயர் அதிர்வெண்களில் R-C பிணைப்புடைய பெருக்கிகளின் பெருக்குதிறன் குறுக்குத் தடத்தில் உள்ள மின் தேக்கங்களால் (Shunt capacitances) மட்டுப்படுகிறது. கனமான கம்பி இணைப்புகளால் உயர் அதிர்வெண் உணர்வு அதிகமாகும். பெருக்கு திறனானது அதிர்வெண்ணைச் சார்ந்திருப்பதை அடுத்த பகுதியில் விளக்கமாகப் படிப்போம்.

10.3 R-C பெருக்கியின் அதிர்வெண் உணர்வு

இப்பகுதியில், அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து R-C பெருக்கியின் பெருக்கு திறன் எவ்வாறு மாறுகிறது எனக் கவனிப்போம். RC பிணைப்புடைய பெருக்கியின் ஒரு முக்கியப் பண்பு, அதன் பெருக்கு திறன் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து மாறுபடுவதாகும். செவியுணர் நெடுக்கத்தின் தொடக்கத்திலிருந்து இறுதி வரை பெருக்கு திறன் சீராக இல்லாவிடினும், அது நடைமுறையில் கணிசமான நெடுக்கத்தில் மாறிலியாக உள்ளது. மிகக் குறைந்த, மற்றும் மிக உயர்ந்த அதிர்வெண்களில் R-C பெருக்கியின் பெருக்கு திறன் வேகமாக வீழ்கிறது (படம் 8.14 காண்க). இதற்குக் காரணம் யாதெனில், பிணைக்கும் மின்தேக்கி C முதல் குழாய் V_1-ன் ஆனோடு கேத்தோடுகளிடையே உள்ள அகமின்தேக்கம் (Inter electrode capacitance) C_{pk}; மற்றும் இரண்டாவது குழாய் V_2-ன் கிரிடு கேத்தோடுகளிடையே உள்ள அகமின்தேக்கம் C_{gk} ஆகியவற்றின் மின்மறுப்புகள்

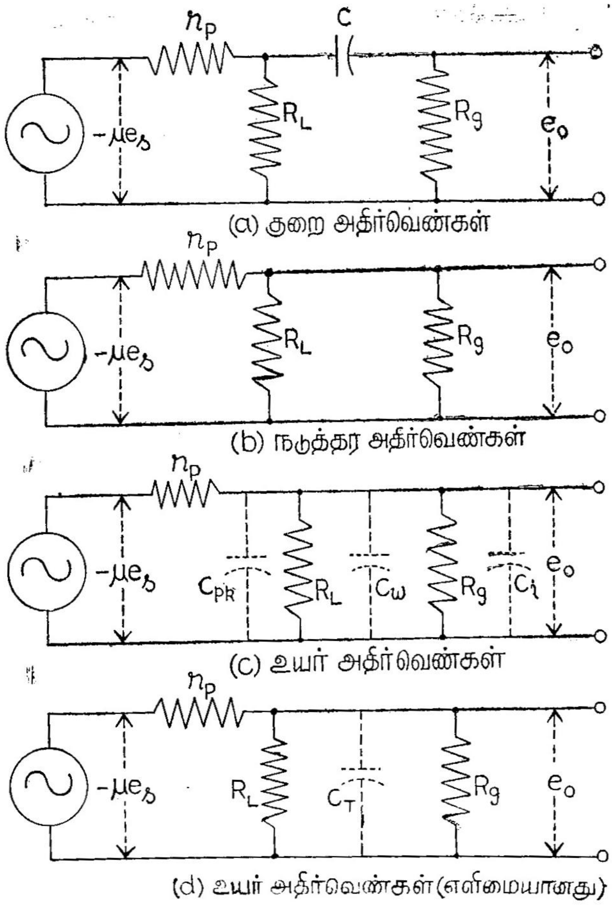
(Reactances) அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து மாறுவதே யாகும். குறைந்த, நடுத்தர, உயர்ந்த *AF* நெடுக்கங்களில் *R-C* பெருக்கியின் சுற்றுச் செயல்படும் முறையை ஆராய்வதால் அப்பெருக்கியின் பண்புகளையும், செயலாற்றலையும் விளங்கிக் கொள்ளலாம்.

பெருக்கியின் மின்னியல் இணைமாற்றுச் சுற்று: இப் பெருக்கியின் சுற்றுப் படம் (10.2)-ல் காணப்படுகிறது. அதில் காண்பதுபோல் ஒரு மின்தேக்கியும், இரண்டு மின்தடைகளும் இணைகின்றன. *AF* நெடுக்கம் முழுவதிலும் மின்தடைகளின் மின் எதிர்ப்பு மாறிலியாக வுள்ளது; ஆனல் மின்தேக்கங்களில் மின் எதிர்ப்பு அதிர்வெண் மாற்றங்களைப் பொறுத்து எதிர் விகிதத்தில் மாறுகிறது.

ஒரு மின்தேக்கியால் ஒருசுற்றில் தோன்றும் விளைவுகள் அதனுடைய மின்மறுப்பையும் அஃது இணையும் விதத்தையும் பொறுத்தன, குறை அதிர்வெண்களில் அதன் மின் மறுப்பு அதிகம்; எனவே தொடர் இணைப்பில் அதன் விளைவுகள் முக்கியமானவை; ஆனல் பக்க இணைப்பில் இருந்தால், குறை அதிர்வெண்களில் அதன் விளைவுகளைப் புறக்கணிக்கலாம். மாருக உயர் அதிர்வெண்களில் மின்தேக்கியின் மின்மறுப்புக் குறைவு. எனவே, தொடரிணைப்புச் சுற்றில் அதன் விளைவுகளைப் புறக்கணிக்கலாம். ஆனல், பக்க இணைப்பில் இருந்தால், உயர் அதிர்வெண்களில் அதன் விளைவுகள் முக்கியமாகின்றன. ஆதலால், குறை அதிர்வெண்களில் தொடரிணைப்பில் உள்ள மின்தேக்கிகளைக் கணக்கிலெடுத்தல் வேண்டும். உயர் அதிர்வெண்களில் பக்க இணைப்பில் உள்ள மின்தேக்கிகளை மட்டும் கணக்கிலெடுத்தால் போதும். கணக்கீடுகளில், ஒவ்வொரு அதிர்வெண் நெடுக்கத்திற்கும் அதன் பிரதிநிதியான ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் மட்டும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. வானொலி ஏற்பிச் சுற்றுகளில் இந்தப் பிரதிநிதி அதிர்வெண்கள் பின்வருமாறு தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவை குறை அதிர்வெண்களுக்கு 100 ஹெர்ட்சியன்கள், நடுத்தர அதிர்வெண்களுக்கு 1000 ஹெர்ட்சியன்கள் மற்றும் உயர் அதிர்வெண்களுக்கு 10,000 ஹெர்ட்சியன்களும் ஆகும். ஹைஃபை (Hi-Fi) சுற்றுகளின் அதிர்வெண் உணர்வை நிர்ணயிக்க அவற்றின் தாழ்வரம்பு 20 ஹெர்ட்சியன்களாகவும், உச்ச வரம்பு 20000 ஹெர்ட்சியன்களாகவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மூன்று AF நெடுக்கங்களில் பெருக்கியின் இணைமாற்றுச் சுற்றுகள்: குழாயின் அகமின்தேக்கம் C_{pk} ஆனது பளுமின்தடை R_L-உடன் பக்க இணைப்பில் உள்ள மின் மறுப்பாகச் செயல்படுகிறது படம் 10.3*c* காண்க). அடுத்த குழாயின் அகமின்தேக்கம் C_{gk}

ஆனது கிரிடு மின்தடை (Grid resistor) R_g-யுடன் பக்க இணைப்பில் உள்ள மின்மறுப்பாகச் செயல்படுகிறது. (படம் (10.3c)-யில் காணப்படும்.



படம் 10.3

வெவ்வேறு அதிர்வெண் நெடுக்கங்களில் R-C பெருக்கியின் இணைமாற்றுச் சுற்றுகள்

உள்ளீட்டு மின்தேக்கம் C_i-யின் ஒரு பகுதி C_{gk} ஆகும். இந்த மின்தேக்கிகளின் மதிப்பு மிக மிகக் குறைவு. எனவே குறைந்த மற்றும் நடுத்தர அதிர்வெண்களில் இவற்றின் மின்மறுப்பு மிக அதிகம். எனவே, இவற்றின் வழியே பாயும் மின்னோட்டமும் அதன்

விளைவான ஆற்றல் இழப்பும் புறக்கணிக்கப்படலாம். அதனால் உயர் அதிர்வெண்களில் மட்டுமே இந்த மின்தேக்கிகளின் விளைவுகளைக் கவனித்தால் போதும்.

C-யின் தடுக்கும் செயல் அதன் மின்தேக்கு திறனையும், சைகையின் அதிர்வெண்ணையும் பொறுத்தது. R_g-யின் முனைகளிடையே உள்ள சைகை மின்னழுத்தம் R_c-யின் முனைகளிடையே உள்ள மின்னழுத்தத்திற்கும், C-யில் தோன்றும் மின்னழுத்த இறக்கத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு ஆகும். குறைந்த செவியுணர் அதிர்வெண்களில் C-யின் மின்மறுப்பு அதிகமாக உயர்ந்து, அதன் முனைகளிடையே கணிசமான மின்னழுத்த இறக்கத்தைத் தோற்றுவிக்கலாம். இதனால் R_g-யின் முனைகளிடையே தோன்றும் மின்னழுத்தம் குறையும்; V_2-ன் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தமும் குறையும். எனவே, குறை அதிர்வெண்களில் பிணைப்பு மின்தேக்கியின் விளைவைக் கவனித்தல் வேண்டும்.

R_g-உடன் ஒப்பிட, $1000 H_z$-களில் C-யின் மின் மறுப்பைப் புறக்கணிக்கத் தக்க வகையில் அதன் மின்தேக்கு திறன் இருத்தல் வேண்டும். அப்பொழுதுதான் நடைமுறையில், R_L-ன் முனைகளிடை தோன்றும் மின்னழுத்தம் முழுவதும் அடுத்துள்ள குழாயின் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படும். எனவே நடுத்தர மற்றும் உயர் அதிர் வெண்களில் பிணைப்பு மின்தேக்கியின் விளைவுகளைப் புறக்கணிக்கலாம்.

இக் கூற்றுகளின் பயனாக ஒவ்வோர் அதிர்வெண் நெடுக்கத்திற்குமான (பெருக்கியின்) மின்னியல் இணை மாற்றுச் சுற்றுகளை வரையலாம். படம் (10.3)-ல் இச்சுற்றுகள் காணப்படுகின்றன. இவை படம் (10.2)-ல் காணும் பெருக்கிற்கான இணைமாற்றுச் சுற்றுகள். உயர் அதிர்வெண்களில் C_{pk} மற்றும் C_i மற்றும் கம்பி இணைப்புகளால் ஏற்படும் சிதறு மின்தேக்கம் (Stray capacitances) C_w ஆகிய மூன்றும் சேர்த்து C_T எனப் படம் (10.3d)-யில் காட்டப்பட்டுள்ளன.

நடுத்தர அதிர்வெண் (IF அல்லது MF) நெடுக்கத்தில் பெருக்கு திறன் (Voltage gain in the IF range) : நடுத்தர அதிர்வெண்களில் பெருமமான பெருக்கு திறனைத் தரும் வகையில் R-C பிணைப்பு AF பெருக்கிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. ஒரு டிரயோடு பெருக்கியின் IF நெடுக்கத்திற்கான இணைமாற்றுச் சுற்று படம் (10.3b)-யில் காணப்படுகிறது. இச்சுற்றில் பளு பக்க இணைப்பில் உள்ள R_L, R_g இரண்டின் விளைவுறு மின் எதிர்ப்பு ஆகும். அஃதாவது வெளியீட்டு மின் எதிர்ப்பு

$$Z_o = \frac{R_L R_g}{R_L + R_g}.$$

நடுத்தரச் செவியுணர் நெடுக்கத்தில் (Middle AF)

$$\text{பெருக்கு திறன் } A_M = \frac{\mu Z_o}{Z_o + r_p} = \frac{\mu}{\frac{r_p}{Z_o} + 1}$$

$$\text{அல்லது} \quad A_M = \frac{\mu}{\frac{r_p\,(R_L+R_g)}{R_L R_g} + 1} \qquad \ldots \quad (10.1)$$

குறை அதிர்வெண் (LF) நெடுக்கத்தில் பெருக்கு திறன்: பிணைக்கும் மின்தேக்கியில் தோன்றும் மின்னழுத்த இறக்கம் காரணமாகக் குறை அதிர்வெண்களில் பெறப்படும் பெருக்குதிறன், IF நெடுக்கத்தில் உள்ளதைவிடக் குறைவாகும். எந்தஅளவிற்குக் குறைகிறது என்பது மின்தடை R_g-க்கும், தொடரிணைப்பிலுள்ள R_g-C-யின் மின்எதிர்ப்புக்கும் உள்ள விகிதத்தைப் பொறுத்தது. IF நெடுக்கப் பெருக்குதிறன் A_M-லிருந்து, LF நெடுக்கப் பெருக்கு

$$\text{திறனைப் பெற,} \quad K_L = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{X_c}{R}\right)^2}} \qquad \ldots \quad (10.2)$$

என்ற குணகத்தால் A_M- ப் பெருக்க வேண்டும்.

இங்கு K_L = பெருக்குதிறனின் குறை அதிர்வெண்ணுக்கான் குணகம்,

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = C\text{-யின் மின் மறுப்பு.}$$

$$R = R_g + \frac{r_p R_L}{r_p + R_L} = R_g + \frac{R_L}{1 + \frac{R_L}{r_p}}$$

எனவே, குறை அதிர்வெண்களில் பெருக்குதிறன்

$$A_L = K_L A_M$$

$$\text{அல்லது} \quad A_L = \frac{\mu}{\sqrt{1 + \left(\frac{X_c}{R}\right)^2}\left[\frac{r_p\,(R_L+R_g)}{R_L R_g} + 1\right]}$$

$$\ldots \quad (10.3)$$

சமன்பாடு (10.3)-லிருந்து, $X_c = R$ என ஆகுமாயின் நடுத்தர அதிர்வெண் பெருக்குதிறனில் 70·7 சத விகிதத்திற்குச் சமமாகக் குறை அதிர்வெண்களில் பெருக்குதிறன் பெறப்படுவது தெரிய வரும்.

உயர் அதிர்வெண் (*HF*) நெடுக்கத்தில் பெருக்கு திறன்: நடுத்தர அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் பெறப்பட்டதை விடக் குறைவாகத்தான் உயர் அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் பெருக்குதிறன் உள்ளது. இதன் காரணம் C_T-யின் மின் தேக்கு திறன் தருகின்ற குறுக்குத் தடம்தான். நடுத்தர அதிர்வெண் பெருக்குதிறன் A_M-ஐ

$$K_H = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{R}{X_T}\right)^2}}$$

என்ற குணகத்தால் பெருக்க A_H கிடைக்கும்,

$$X_T = \frac{1}{\omega C_T} \text{ ஆவதால்,}$$

$$K_H = \frac{1}{\sqrt{1+(R\omega C_T)^2}} \text{ ஆகும்.}$$

இங்கு $\frac{1}{R} = \frac{1}{r_p} + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_g}$ ஆகும்.

எனவே, பெருக்குதிறன் $A_H = K_H A_M$

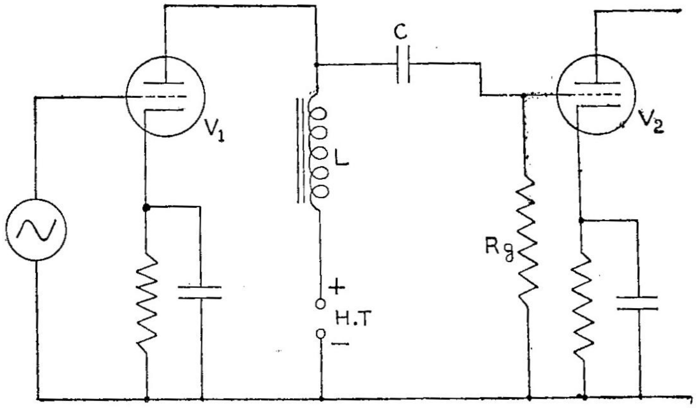
$$\text{அல்லது } A_H = \frac{\mu}{\sqrt{1+(R\omega C_T)^2}\left[\frac{r_p(R_L+R_g)}{R_L R_g}+1\right]} \quad \ldots \; 10.4)$$

சமன்பாடு (10.4)-லிருந்து $X_T = \frac{1}{\omega C_T} = R$ என்றுகுமாயின், நடுத்தர அதிர்வெண் பெருக்குதிறனில் 70·7 சதவிகிதத்திற்குச் சமமாக உயர் அதிர்வெண்களில் பெருக்குதிறன் பெறப்படுவது தெரிய வரும்.

10.4 L-C பிணைப்பு (L-C Coupling)

முதல் பெருக்கியின் பளுவாக ஒரு மின் நிலைமத்தை இணைக்கலாம். மற்றபடி இந்தச் சுற்று R-C பிணைப்புள்ள சுற்றுப் போன்றதே. மின்நிலைமத்தின் மின் மறுப்புப் பளுவாகிறது. ஆனால் மின்நிலைமச் சுருளின் *d.c* மின்தடை புறக்கணிக்கத் தக்கதாதலால் அதில் *d.c* மின்னழுத்த இறக்கம் தோன்றுது. எனவே, *B* பேட்டரியின் மின்னழுத்தம் குறைவாக இருக்கலாம். *d.c* மின் தடையைப் புறக்கணித்தால் முதல் பெருக்கியின் பெருக்கு திறன் $\mu\omega L/\sqrt{\omega^2L^2+r_p^2}$ ஆகும். இதனின்றும் குறை அதிர் வெண்களில் பெருக்கு திறன் குறையும் எனத் தெளிவாகிறது. எனவே,

L-ஐ மிக உயர்வாக்கினுல் ஓரளவிற்குக் குறை அதிர்வெண் உணர்வையும் உயர்த்தலாம். *AF* பெருக்கிகளில் சாதாரணமாக



படம் 10.4

L-C பிணைப்பு

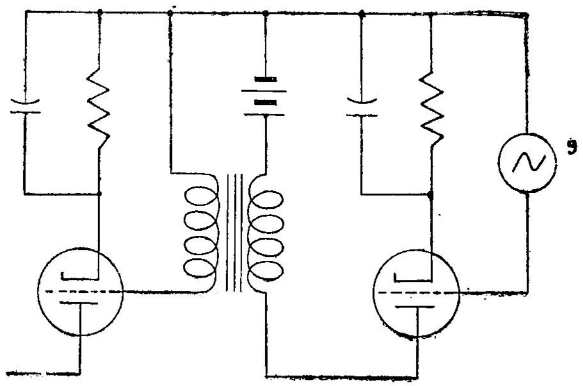
$L = 20H$ உடைய இரும்பு உள்ளகம் உடைய சோக் பயன்படுத்தலாம். ஆனுல் மின்னேட்டத்தால் உள்ளகத்தில் காந்தத் தெவிட்டம் (Magnetic saturation of the core) ஏற்பட்டு *L*-ன் மதிப்புக் குறைந்து விடலாம்.

மற்றும் உயர் மதிப்பு *L*-ல் அதிகச் சுற்றுகள் உண்டு. இதனுல் ஏற்படும் பரவலான மின்தேக்கம் உயர் அதிர்வெண்களில் பெருக்கு திறனைக் குறைக்கிறது.

10.5 மின்மாற்றிப் பிணைப்பு (Transformer coupling)

மின்மாற்றிப் பிணைப்பைப் பயன்படுத்த ஒரு முக்கியக் காரணம் பெருக்கும் மின்மாற்றியால் (Step-up transformer) ஏற்படும் மின்னழுத்தப் பெருக்கம்தான். பெருக்கு மின்மாற்றியின் சுற்றுகள் விகிதம் 1 : 3 ஆகலாம். தொடர் ஊட்டு, மற்றும் பக்க இணைப்பு ஊட்டு (Series fed and parallel fed) முறைகள் (படம் 10.5) பயன்படுகின்றன. மின்மாற்றியின் துணைச் சுற்றில் *d.c* மின்னழுத்தம் தூண்டப்படுவதில்லை. எனவே, பிணைக்கும் மின்தேக்கி தேவையில்லை. மேலும் துணைச் சுற்றுனது இரண்டாவது குழாயின் கிரிடுக்கும் கேத்தோடுக்கும் இடையே நேர் மின்னேட்டப் பாதையைத் தருகிறது. எனவே, R_g தேவையில்லை. ஆகவே மின்மாற்றிப் பிணைப்பு R_L, C மற்றும் R_g ஆகிய பகுதிகளை நீக்கி விடுகிறது. இந்தப் பிணைப்பில் (*L-C* பிணைப்பில் போலவே) முதல் சுற்றில் *d.c*

மின்னழுத்த இறக்கம் குறைவு. எனவே, பளுவில் ஆற்றல் வீணுவதில்லை.



படம் 10.5

ன்மாற்றிப் பிணைப்பு —(தொடர் ஊட்டு)

பக்க இணைப்பு ஊட்டு முறையில் ஓர் ஆதாயம் உண்டு. முதல் சுற்றில் பாயும் ஆனேடு மின்னேட்டத்தின் *d.c* பகுதி மின்மாற்றியின் முதல் சுற்றில் பாய்ந்து உள்ளகத்தில் காந்தத் தெவிட்டம் ஏற்படுத்தாது. ஆனல் இம்முறைக்குப் பளுமின்தடை தேவையாகிறது.

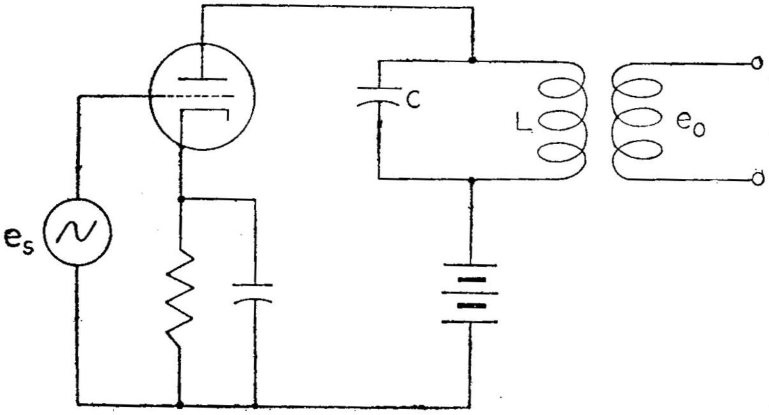
மின்மாற்றிப் பிணைப்பின் அதிர்வெண் உணர்வு பெரும்பாலும் மோசமானது. குறை அதிர்வெண்களில் பெருக்குதிறன் குறைகிறது. உயர் அதிர்வெண்களில் பரவலான மின் தேக்கம் துணைச்சுற்றின் மின் நிலைமத்துடன் இயைந்து (Resonance) செயல்படுவதால் உணர்வு மிக உச்சமாகிறது. எனினும், மிகத் திறமையுடன் தயாரிக்கப்பட்ட மின்மாற்றியால் இந்தக் குறைகளைத் தவிர்க்கலாம். ஆனல் அந்த மின்மாற்றியின் விலை கூடுதலாகும். எனவே, பொதுவாக மின்மாற்றிப் பிணைப்பு மின் எதிர்ப்புச் சமனத்திற்கே (Impedance matching) பயன்படுத்தப்படுகிறது.

பரவலான மின்தேக்கத்தைத் தவிர்க்கத் துணைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையைக் குறைத்தல் வேண்டும். முதல் சுற்றில் கணிசமான மின்னழுத்தம் தோன்ற, அவற்றின் எண்ணிக்கை கூட்டப்படல் வேண்டும். இதனல்தான் நடைமுறையில் சுற்றுகள் விகிதம் 1 : 3-க்கு மேல் இருப்பதில்லை.

10.6 ரேடியோ அதிர்வெண் பெருக்கிகள். (Radio frequency—RF Amplifiers)

பெருக்கிகளை, அவை பெருக்கும் சைகைகளின் அதிர்வெண்களைப் பொறுத்து வகைப்படுத்தலாம். ரேடியோ அலைகளின் அதிர்வெண்கள் $100\ KH_z$-லிருந்து $50\ MH_z$ வரை உள்ளன. இவற்றில் தேவையான அலைகளை மட்டுமே தேர்ந்தெடுத்து அவற்றைப் பெருக்குவதற்கு இயைவு செய்யப்பட்ட *RF* பெருக்கிகள் (Tuned RF amplifiers) பயன்படுகின்றன. இவற்றிற்கும், *AF* பெருக்கிகளுக்கும் அதிக வேறுபாடுகள் இல்லை. ஆனால் பயன்படும் உறுப்புகளில் சில மாற்றங்கள் உண்டு. மின்தேக்கிகளும், மின்நிலைமங்களும் குறை மதிப்புடையனவாகலாம். மின்மாற்றிப் பிணைப்பு உயர் அதிர்வெண்களில் திறமையானது மின்மாற்றிகளுக்கும், சோக்குகளுக்கும் இரும்பு உள்ளகம் தேவையில்லை; காற்று உள்ளகமே போதுமானது. ஆனால் இணைப்புக் கம்பிகளிடையே உள்ள மின்தேக்கத்தையும், பின்னூட்டத்தையும் தவிர்த்தல் சிறிது கடினமே.

சைகை அதிர்வெண்களிலிருந்து சில சதவிகிதமே வேறுபடும் அதிர்வெண்களையே *RF* பெருக்கிகள் கையாள வேண்டியிருக்கும். 10 மெகாசைக்கிள் போல் அதிர்வெண் கொண்ட சைகையில் செயல்பட வேண்டிய பெருக்கியின் பட்டை அகலம் 10 கிலோ சைக்கிள் மட்டுமே ஆகும்; அதாவது $10{\cdot}005MH_z$ - லிருந்து $9{\cdot}995\ MH_z$ வரையான அதிர்வெண்களை மட்டுமே அது பெருக்க



படம் 10.6
R-F பெருக்கி

வேண்டியிருக்கும். இந்த உணர்வினைப் பக்க இணைப்பிலுள்ள இயைவுச் சுற்றினைப் (Parallel tuned circuit) பயன்படுத்திப்பெறலாம்.

இயைவுச் சுற்றில் தோன்றும் மின்னழுத்தம், இயைவு அதிர் வெண்ணில் உச்சமாகும் என முன்பே படித்தோம். இந்த இயைவு அதிர்வெண்ணை மையமாகக் கொண்ட குறுகிய பட்டை அகலத் தில்தான் பெருக்கி செயல்படுகிறது. இயைவின் கூர்மை 1000, இயைவு அதிர்வெண் 10 மெகாசைக்கிள் என்று கொள்க. 10·005 மற்றும் 9·995 மெகாசைக்களில் கிடைக்கும் வெளியீடு, 10 மெகா சைக்கிளில் ஏற்படும் வெளியீட்டில் 0·7 பங்கு ஆகிறது. இந்த நெடுக்கத்திற்கு அப்பாலான அதிர்வெண்களில் வெளியீடு மிகக் குறைகிறது மிகச் சரதாரணமான ஒரு RF பெருக்கி படம் (10.6)-ல் காண்கிறது. இதனில் L-C பக்க இணைப்புப் பளுவாகிறது.

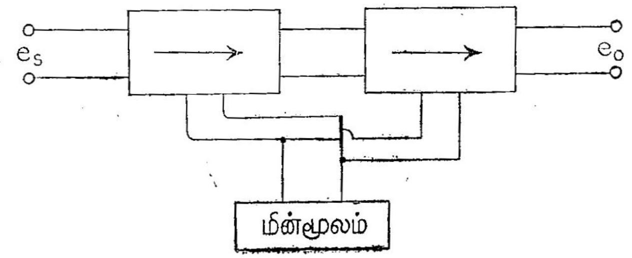
10.7 பொதுவான மின்மூலம் (Common supplies)

பெருக்கி அடுக்கின் ஒவ்வொரு தட்டுக்கும் தனித்தனியாகப் பேட்டரிகளை அல்லது திருத்திகளை இணைப்பது கடினம். மாறாக, ஒரே ஒரு திருத்தியிலிருந்து எல்லாக் குழாய்களுக்கும் ஒருங்கே ஆற்றலை விநியோகிக்கலாம். இதனால் பருமனும் எடையும் குறை யும்; செலவும் மிச்சம். இதில் ஏற்படக்கூடிய ஒரு தொல்லை தட்டுகளிடை பின்னூட்டம்தான்.

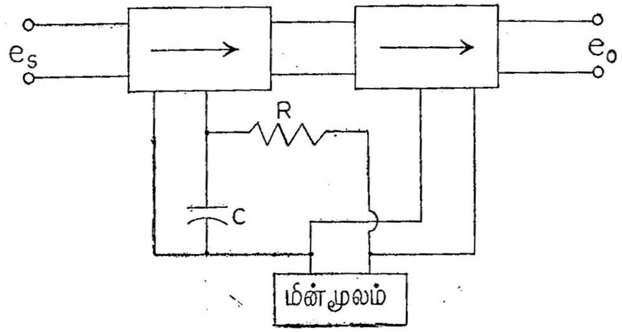
இரண்டு பெருக்கிகளுடைய அடுக்கைக் கவனிப்போம், இரண்டிற்கும் பொதுவாக ஒரே மின்மூலம் உள்ளது. இந்த மூலத்தின் அகமின்தடை சுழியானால், மூலத்திலிருந்து பெறப்படும் மின்னோட்டம் மாறினாலும், பெருக்கிகளுக்குத் தரப்படும் மின்ன ழுத்தம் மாறாதிருக்கும். எனினும் நிலைப்பாட்டுத்திறன் (Regulation) நன்றன்று எனில், ஒரு பெருக்கி பெறுகின்ற மின்னோட்டத்தின் மாற்றங்கள் மற்றொரு பெருக்கிக்குக் கிடைக்கும் மின்னழுத்தத்தை யும் பாதிக்கும். எனவே, ஒரு பெருக்கியின் பளு மின்னோட்டம் மாற, மற்றப் பெருக்கிகளில் ஓர் எதிர்வினை ஏற்படுகிறது. a.c சைகைகளை ஒரு பெருக்கி பெருக்கும்பொழுது ஏற்படும் இந்த எதிர் வினை மற்றப் பெருக்கியில் ஏற்படுகிறது; இதுவும் ஒரு வகையான பின்னூட்டம்தானே? இது நேராகின் (Positive), நிலைப்பாடு குறையும்.

நிலைப்பாட்டுத்திறனை உயர்த்துவதை விட, இரண்டு பெருக்கி களுக்கும் இடையே ஒரு பிணைப்பறுக்கும் வடிச்சுற்று (Decoupling filter) இணைக்கலாம், படம் (10.7b)-யில் ஒரு RC வடிச்சுற்று மின்மூலத்திற்கும் முதல் பெருக்கிக்கும் இடையே உள்ளது. இந்த R-C கூட்டின் நேரமாறிலி சைகையின் அலைவு நேரத்துடன் ஒப்பிட, அதிகமானால் C மீதுள்ள மின்னூட்டம் மாறாது நிலையாக இருக்கும்; ஆனோடு மின்னோட்டம் மாறினால் கூட மாறாது. எனவே மின் னூட்டம் நிகழாது.

முதல் பெருக்கியின் உள்ளீடு மின்னழுத்தம் சிறியதாதலால் அதன் செயல்படு புள்ளியைக் குறைந்த மின்னழுத்தத்திலேயே



(*a*)



(*b*)

படம் **10.7**

(*a*) பொதுவான மின்மூலம்

(*b*) பிணைப்பறுக்கும் வடிச்சுற்று

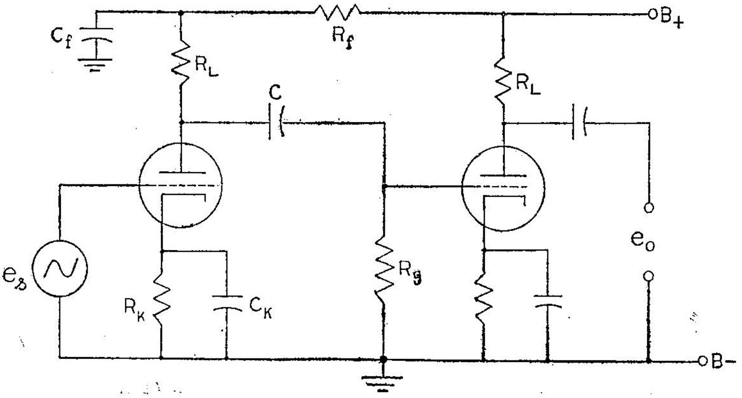
தேர்ந்தெடுக்கலாம். எனவேதான் *R*-ல் ஏற்படும் மின்னழுத்த இறக்கம் பாதகம் ஏற்படுத்தாது. பல தட்டுகள் இருப்பின் இரண்டிரண்டு தட்டுகளுக்கு ஒவ்வொரு பிணைப்பறுக்கும் வடிச் சுற்றுகளை இணைக்கலாம்.

பொதுவான மின்மூலத்துடன் கூடிய இரண்டு தட்டுப் பெருக்கி அடுக்கு ஒன்றின் சுற்றுப் படம் (*10.8*) ஆகும். இதில் '*B*+' என்பது மின்மூலத்தின் நேர்மின் வாய்க்குச் செல்கிறது; '*B*—' புவி இணைப் பாகும். R_f, C_f என்பன பிணைப்பறுக்கும் உறுப்புகள்.

10.8 பெருக்கிகளில் இரைச்சல் (Noise in amplifiers)

பெருக்கி அடுக்கினைப் பயன்படுத்தினால் எல்லையில்லாத பெருக்கு திறனைப் பெறலாம் என எண்ணுவது தவறு. பெருக்கியில் உண்டாகும் 'இரைச்சல்' அதன் பெருக்கு திறனுக்கு ஒரு வரம்பினை ஏற்படுத்துகிறது. இரைச்சல் எழும் காரணங்களை ஆராய்வோம்.

(அ) வெப்ப இயக்க இரைச்சல் (**Thermal agitation noise**) : மின்கடத்திகளில் எலெக்ட்ரான்கள் மின்னோட்டத்தின் மீது வெப்ப



படம் 10.8

பொதுவான மின்மூலத்துடன் *R-C* பெருக்கி

நிலை காரணமாக அவற்றின்மீது மற்றோர் இயக்கமும் மேற்பொருந்துகிறது. நீண்ட இடைப்பொழுதுகளில் இந்த வெப்ப இயக்கங்களின் மொத்தம் சுழியாகும். ஆனால் குறிப்பிட்ட கணத்தில், எலெக்ட்ரான் இயக்கம் ஏதோ ஒரு திசையில் அதிகமாகவும், மற்றொரு திசையில் குறைவாகவும் இருக்கலாம். வெப்ப இயக்கத்தால் ஏற்படும் இத்தகைய மின்னோட்ட மாற்றங்கள் பெருக்கப்பட்டு வெளியீட்டில் காணப்படும். இவ்வகை இரைச்சல் பெருக்கப்படும் பட்டை அகலத்தைப் பொறுத்தது என நைகுவிஸ்ட் (Nyquist) ஆராய்ந்தார். அதனால் பட்டை அகலத்தையும் (Frequency band width), வெப்ப நிலையையும் குறைப்பதால் இவ்வகை இரைச்சலையும் குறைக்கலாம்.

(ஆ) '**ஷாட்**' **இரைச்சல்** (**Shot noise**) : ஆனோடு மின்னோட்டம் 'மாறிலி' என்று சொல்வது நீண்ட இடைப்பொழுதுக்கே பொருந்தும். எந்த ஒரு கணத்திலும் கேத்தோடு உமிழும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை சிறிது சிறிது வேறுபடலாம். அஃதாவது ஒரு செகண்டில் ஆனோடை அடையும் எலெக்ட்ரான்கள் எண்ணிக்கை மாறிலி; ஆனால் ஒரு மைக்ரோ செகண்டில் ஆனோடை அடையும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை சராசரி எண்ணிக்கையை மையமாகக் கொண்டு சிறிது சிறிது வேறுபடும். ஆனோடு மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் இந்த மாற்றமும் பெருக்கப்பட்டு இரைச்சலாக வெளியீட்டில் தோன்றுகிறது.

கேத்தோடின் புறப்பரப்புச் சொரசொரப்பாக இருந்தால், அதனிலுள்ள சிறிய குழிகள் எலெக்ட்ரான்களை விட்டு விட்டு உமிழ்கின்றன. இதனாலும் மின்னோட்டம் பாதிக்கப்பட்டு இரைச்சல் உருவாகிறது.

மின்னோட்டம் தெவிட்டாத நிலையில் டிரயோடிலும், பல மின்வாய்க் குழாய்களிலும் சூழ் மின்னூட்டம் 'ஷாட்' இரைச்சலைக் குறைக்கிறது. இதன் காரணம் எளிதில் விளங்கும். 'ஷாட்' விளைவால் எலெக்ட்ரான் உமிழ்வு குறைந்து, கூடும்போதெல்லாம் சூழ் மின்னூட்டம் சேமிப்பாக இயங்கி மின்னோட்டத்தைக் கூடிய வரை மாறிலியாக்கி 'ஷாட்' இரைச்சலைக் குறைக்கும். எனவே, சூழ் மின்னூட்டம் அதிகமாக உள்ள குழாய்கள் அதிகப் பயனுடையன.

'ஷாட்' இரைச்சல் தாழ்வாக இருக்க, குறிப்பிட்ட மின்னோட்டத்தில் குழாயின் பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் அதிகமாக வேண்டும். டிரயோடுகளில் இரைச்சல் குறைவு. பீர்-பவர் டெட்ரோடைப் போல ஐந்து பங்கு இரைச்சல் பென்ட்டோடுக்கு உண்டு. அதன் காரணம் டெட்ரோடில் சூழ் மின்னூட்ட விளைவு அதிகம் என்பதே.

முதல் பெருக்கியின் கிரிடு சுற்றில்தான் இரைச்சலால் இடையூறு அதிகம். ஏனெனில் இங்குத்தான் சைகையின் வலிமை குறைவு. சைகையின் வலிமையுடன் ஒப்பிட இரைச்சல் கணிசமாக இருந்தால், பெருக்கி பயனுள்ள வெளியீட்டைத் தராது -பெருக்கு திறன் அதிகமாக இருந்தாலும்தான். இந்த இரைச்சல் விளைவை அளக்கச் சைகை இரைச்சல் விகிதம் (Signal to noise ratio) உதவும். இந்த விகிதம் மிகக் குறைவானால் பெருக்கியின் வெளியீடு தெளிவற்று இருக்கும்; பெருக்கி பயனற்றது என்றும் கூடச் சொல்லலாம். பொதுவாகச் சைகை/இரைச்சல் விகிதம் 5-லிருந்து 6-ஆக இருத்தல் அவசியம்.

ஒரு *AF* பெருக்கியின் இரைச்சல் உள்ளீடு சாதாரணமாகச் சில மைக்ரோ வோல்ட்கள் ஆகும்.

10.9 ஹம் மற்றும் மைக்ரோபோனிக்ஸ் (Hum and microphonics)

வால்வின் சூட்டுச் சுருளில் *a.c* பாய்வதால் 'ஹம்' ஏற்படுகிறது. ஒரு *a.c* சைக்கிளில் கேத்தோடு வெப்பநிலை கணிசமாக மாறுமானால் ஹம் தோன்றும். ஆனோடு மின்னோட்டம் மெய்யாகவே சூழ்மின்னூட்ட வரம்புடையதெனில், கேத்தோடின் வெப்ப நிலையில் சிறிய மாற்றங்கள் பாதகமில்லை. ஆயினும், கேத்தோடின் சில பகுதிகளின் வெப்பநிலை உமிழ்வு வரம்புடைய மின்னோட்டத்தைத் (Emission or temperature limited) தரும் அளவிற்குக் குறை

வாகலாம். இதனுல் ஏற்படும் ஆனேடு மின்னேட்ட மாற்றங்கள் வெளியீட்டில் ஏற்படும்.

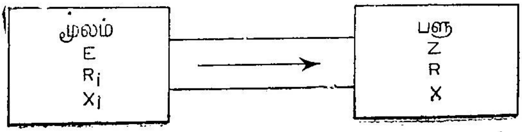
சில சமயங்களில் மின்வாய்களின் அதிர்வு காரணமாக வெளியீட்டு மின்னழுத்தம் தோன்றும். இந்தக் குழாய்களை மைக்ரோ போனிக் என்கிறேம். வெவ்வேறு குழாய்கள் வெவ்வேறு அளவிற்கு மைக்ரோ போனிக் ஆகும். எனவே, வேறு குழாய்களை பதிலீடு செய்வதால் இந்தக் குறையைக் குறைக்கலாம்.

11. திறன் பெருக்கிகள்
(Power amplifiers)

மின்னழுத்தப் பெருக்கி மெலிந்த சைகையை வலிவுள்ளதாக்குகிறது. ஆனால் கடைசிப் பெருக்கியின் பளு ஓர் ஒலிப்பான் (Loud speaker) எனில், அதனை இயக்கத் தேவையான திறனைத் தர ஒரு மின்னழுத்தப் பெருக்கியால் இயலாது. எத்தனை பெருக்கிகளை அடுக்கினாலும் வெளியீடு திறன் (Output power) தேவையான அளவு கிடைக்காது.

பளு மின்தடையில் கணிசமாகத் திறன் தேவையெனில், அதனில் பாயும் மின்னோட்டம் உயர்வாக வேண்டும். ஏனெனில் $P = I^2R$. எனவே, குழாயின் ஆனோடு மின்னோட்டமும் உயர்வாக வேண்டும். திறன் பெருக்கம் தரும் குழாய்களின் ஆனோடு, கேத்தோடுகள் அதிகப் பரப்பளவுடையன, மற்றும் சூட்டுச் சுருளும் பெரியது. திறன் பெருக்கத்தில் உள்ள முக்கியச் சிக்கல்களையும், அம்சங்களையும் தெரிந்து கொள்ள மூலத்திலிருந்து பளுவிற்குத் திறனை மாற்றுவதின் பொதுத் தத்துவத்தைக் காண்போம்.

11.1 பெருமத் திறன் மாற்றம் (Maximum power transfer)



படம் 11·1
மூலமும், பளுவும்

படம் (11.1)-ல் உள்ள மூலம் மாறிலியான மி.இ.வி. E, அகமின்தடை R_i, அகமின் மறுப்பு (Internal reactance) X_i உடையது. அஃது அகமின் எதிர்ப்பு (Internal impedance) Z, அகமின்தடை R, மற்றும் அகமின் மறுப்பு X உடைய பளுவுடன் இணைக்கப்படுகிறது.

இத்தொடர்ச் சுற்றில் மின்னோட்டம் $I = \frac{\text{மி.இ.வி.}}{\text{மின் எதிர்ப்பு}}$

$$\text{அல்லது } I = \frac{E}{\sqrt{(R+R_i)^2 + (X+X_i)^2}} \quad \dots \quad (11.1)$$

பளுவிற்குத் தரப்படும் சராசரி திறன்

$$P = I^2 R = \frac{E^2 R}{(R+R_i)^2 + (X+X_i)^2} \quad \dots \quad (11.2)$$

R மற்றும் Z-ஐ விருப்பம்போல் சீரமைக்கலாம் என்று கொள்வோம். R மற்றும் X-ன் எந்த மதிப்புகளுக்குப் பளுவிற்குக் கிடைக்கும் திறன் பெருமமாகும் எனத் தெரிய வேண்டும். $(X+X_i)^2$ ஒருபோதும் எதிர் இராசி ஆகாது; மற்றும் $(X+X_i)^2$ ஆனது சமன்பாடு (11.2)-ல் பகுதியில் தோன்றுவதால் $X = -X_i$ எனில் $(X+X_i)^2$ சுழியாகும்; இதனால் $I^2 R$ உயரும். இந்த நிபந்தனையால்,

$$P = \frac{E^2 R}{(R+R_i)^2} \quad \dots \quad (11.3)$$

R மாறும்பொழுது P பெருமமாவதற்கு $\frac{dP}{dR} = 0$ என்றாக வேண்டும்.

$$\therefore \frac{dP}{dR} = E^2 \frac{(R+R_i)^2 - 2R(R+R_i)}{(R+R_i)^4} = 0 \quad \dots \quad (11.4)$$

E சுழியன்று; $(R+R_i)$-யும் சுழியன்று.

எனவே, $(R+R_i) - 2R = 0$ ஆக வேண்டும்.

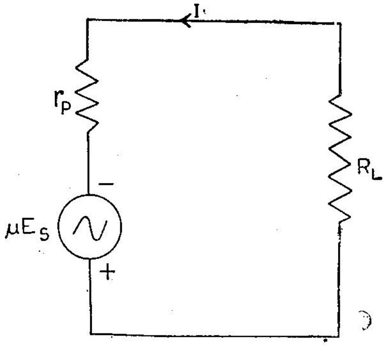
$$\text{அல்லது } R = R_i \quad \dots \quad (11.5)$$

எனவே, பெருமத் திறன் மாற்றத்திற்கு நிபந்தனைகள்: (1) பளுவின் மின் மறுப்பு, மூலத்தின் மின் மறுப்பிற்குச் சமமாகவும், எதிராகவும் வேண்டும். (2) பளுமின்தடை, மூலத்தின் மின் தடைக்குச் சமமாக வேண்டும்.

பளுவின் திறன் எண் கோணம் (Power factor angle) மாறாமல், அதன் மதிப்பெண்ணைச் சீரமைத்தால், $|Z| = |Z_i|$ என்றாகும்பொழுது பெருமமாகத் திறன் மாற்றம் நிகழும். அஃதாவது பெருமத்திறன் மாற்றம் நிகழப் பளுமின் எதிர்ப்பும், மூலத்தின் அகமின் எதிர்ப்பும் சமமாக வேண்டும்.

11.2 குழாயிலிருந்து பளுமின்தடைக்குத் திறன் மாற்றம் (Power transfer from Vacuum tube to a resistive load)

ஆனேடு இணைமாற்றுச் சுற்றிலிருந்து பளுவில் a.c மின் னேட்டம் $I = \frac{\mu E_s}{R_L + r_p}$ ... (11.6)



படம் 11.2

ஆனேடு இணைமாற்றுச் சுற்று

இங்குப் பளுவும் குழாயும் மின்தடைகள் மட்டுமே உடையன என்று கொள்கிறோம். இந்தச் சூழலில் பளுவிற்குக் கிடைக்கும் திறன்,

ப் பெருமத் திறன் மாற்றம்

.... (11.8)

தனை முக்கியமானதாகும்.

')-ஐப் பின்வருமாறு எழு

$\frac{^2 E_s^2}{4r_p}$

... (11.9)

எனவே, குழாயிலிருந்து பளுமின்தடைக்கு

ஏற்பட,

$$R_L = r_p$$

என்பது நிபந்தனையாகும். இந்த நிபந்

$R_L = r_p$ எனும்பொழுது சமன்பாடு (11.

தலாம்.

$$P = \frac{\mu^2 E_s^2 r_p}{(2r_p)^2} = \mu$$

ஆனால் $\frac{\mu}{r_p} = g_m$

ஆகவே, $P = \frac{\mu g_m E_s^2}{4}$

குறிப்பிட்ட சைகைக்குப் பெருக்கற்பலன் μg_m-ஐப் பொறுத்துத் திறன் வெளியீடு நிகழ்கிறது.

விகிதம் P/E_s^2-ஐக் குழாயின் திறன் உணர்வு (Power sensitivity) என்கிறோம். பெருமத் திறன் மாற்றத்திற்கு

$$\frac{P}{E_s^2} = \frac{\mu g_m}{4} \qquad \text{... (11.10)}$$

எனவே, உயர்வான திறன் உணர்வுடைய குழாய்களுக்குμ, g_m இரண்டும் உயர்மதிப்புடையன. திறன் பெருக்கும் குழாய்கள் சாதாரணமாகக் குறைந்த ஆனோடு மின்தடை உடையன; மாறாக உயர்ந்த ஆனோடு மின்தடையை யுடையனவாயின் பெருமத் திறன் மாற்றத்திற்குப் பளுமின்தடையும், உயர்வாக வேண்டியிருக்கும். இதன் காரணமாக மின்மூலத்தின் மின்னழுத்தமும் உயர்வாகத் தேவைப்படும். ஆனோடு மின்தடை குறைவெனில், μ-வும்குறைவே. பெருக்கற்பலன் μg_m இந்த நடைமுறை வரம்புக்குட்பட்டு உச்ச மதிப்புப் பெறல் வேண்டும். இதனால், உயர்த்த திறன் வெளியீடு வேண்டுமெனில் உயர்ந்த சைகை உள்ளீடு தேவை. திறன் பெருக்கியின் பளுவானது மின்தடையெனில் திறன் முழுவதும் வெப்பமாகவே செலவாகும். ஆனால் ஒலிப்பான், அன்டென்னா முதலியன சரியாகச் செயல்பட்டால், அவற்றின் திறன் எண் கோணம் சிறியதாகும். அஃதாவது, அது மின்தடையைப் போலவே திறனைக் கவர்ந்து கொள்ளும்.

11.3 ஆனோடு திறமை (Plate efficiency)

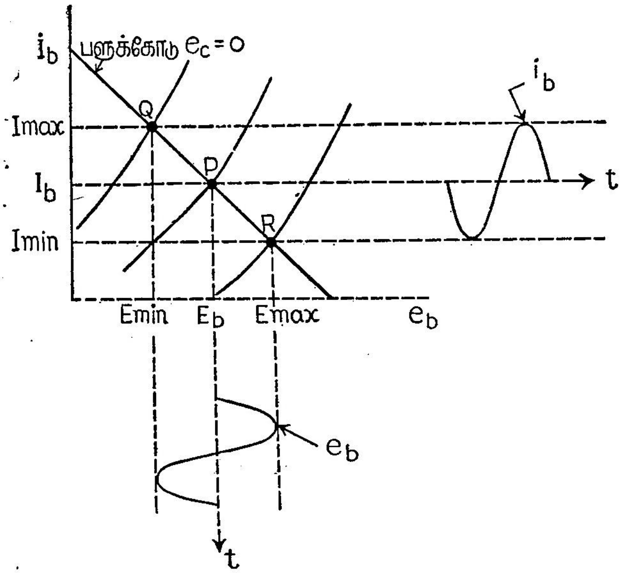
திறன் பெருக்கிகளின் முக்கியவேலை மின்மூலம் குழாயிக்குத் தரும் $d.c$ திறனை $a.c$ திறனாக மாற்றிப் பளுவிற்குத் தருதல் ஆகும். பளு பெறுகின்ற $a.c$ திறன், மின்மூலம் தரும் $d.c$ திறனைவிடக் குறைவு. $a.c$ திறன் வெளியீட்டுக்கும், மின்மூலம் தரும் $d.c$ திறனுக்கும் உள்ள விகிதம் ஆனோடு திறமை எனப்படும்.

ஆனோடு திறமை உயர உயர, ஆனோடைச் சூடேற்றுவதில் $d.c$ திறன் வீணாவது குறையும். ஆனோடு சூடேறுவது குறைவாயின், குழாயை உயர்த்த, திறன் மட்டத்தில் (Higher power level) செயல் படுத்தலாம். எனவே, உயர்வான ஆனோடு திறமை குழாயிலிருந்து அதிகமான திறன் வெளியீட்டைப் பெற உதவுகிறது.

11.4 வெளியிடப்படும் திறனைக் கணக்கிடுதல் (Power output calculations)

படம் (11.3)-ல் காணும் பண்பியல் கோடுகள் திறன் பெருக்கிக்குரியன. இந்தப் பெருக்கி ஒரு பளு மின் தடைக்குத் திறன்

மாற்றுகிறது. அதே படத்தில் செயல்படு புள்ளியும் காண்கிறது. சுழி - பயசு புள்ளி Q-வுக்கும், பண்பியல் கோடு வளையுமிடம்



படம் 11.3

நேர்ப்போக்கான பெருக்கியில் ஆனோடு மின்னழுத்தமும், ஆனோடு மின்னோட்டமும்

R-க்கும் மையமாக P அமைந்தால் குலைவில்லாத பெருக்கம் ஏற்படும். ஆனோடு மின்னழுத்தம் மற்றும் ஆனோடு மின்னோட்டங்களில் சைகையால் ஏற்படும் மாற்றங்களும் காணப்படுகின்றன.

$$\text{வெளியீடு மின்னோட்டத்தின் பெருமமதிப்பு} = \frac{I_{max}-I_{min}}{2}$$

$$\text{பளுவில் மின்னழுத்தத்தின் பெருமம்} = \frac{E_{max}-E_{min}}{2}$$

$$\text{பயனுறு மதிப்புகளைக் கொண்டால் } I = \frac{I_{max}-I_{min}}{2\sqrt{2}}$$

$$\text{மற்றும் } E = \frac{E_{max}-E_{min}}{2\sqrt{2}}$$

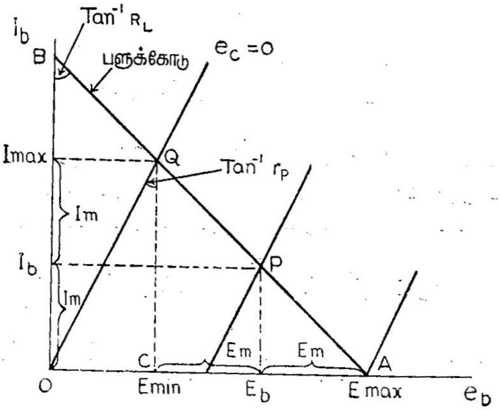
பயன்படும் வெளியீட்டுத் திறன் $= P = EI$; ஏனெனில் மின்தடை மட்டுமே பளுவாகிறது. எனவே,

$$P = \frac{(E_{max} - E_{min})\,(I_{max} - I_{min})}{8} \quad \text{-- (11.11)}$$

E_{max}, E_{min}, I_{max} மற்றும் I_{min} வரைபடத்திலிருந்து பெறலாம்.

11.5 குலைவில்லாத பெருமத் திறன் (Maximum undistorted power)

சமன்பாடு (11.11)-ன் வலப்பக்கத்தில் உள்ள மதிப்புகள் பளுமின்தடை, செயல்படுபுள்ளி, மற்றும் சைகையின் வீச்சு (Signal amplitude) ஆகியவற்றைப் பொறுத்தன. ஆனோடு மின்னழுத்தம் நிலையாகி, சைகையில் வரம்பில்லாத அளவுக்கு வீச்சுக் கிடைப்பதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது குலைவு இல்லாத வகையில் பெருமமான திறனை ஏற்கும் பளுமின்தடையின் மதிப்பு என்ன? இது மெய்யாகவே எழக்கூடிய சூழ்நிலைதான். பெருக்கி அடுக்குகளைப் பயன்படுத்திச் சைகையின் வீச்சைப் பெருக்கலாம் அன்றோ? பெருமத் திறன் வெளியீட்டுக்கும் (Maximum power output), இந்தச் சூழ்நிலைக்கும் உள்ள வேறுபாடுதான் என்ன? இப்பொழுது பண்பியல் கோட்டின் நேர்ப் போக்கான பகுதியில் செயல்படல் வேண்டும் என்ற ஒரே கட்டுப்பாட்டுடன் பளுமின் தடையையும், சைகை வீச்சையும் மாற்றுவதால் அதிகப் பயன் பெறுவது எப்படி என்பதே வினா.



படம் 11.4

குலைவில்லாப் பெருமத்திறன்.

படம் (11.4)-ல் காணப்படும் ஆனோடு நிலைப்பண்பியல் கோடுகள் இலட்சியமானவை; நடைமுறையானவை அல்ல. கிரிடு மின்னழுத்தம் நேர் ஆகக்கூடாது என்ற நிபந்தனையுடன் பெருமத் திறன் கணக்கிடல் வேண்டும்.

AB-பளுக்கோடு : *A-யிக்கும் Q-வுக்கும் மையமாக P என்ற* செயல்படு புள்ளியைத் தேர்ந்தெடுக்கிறோம். செயல்படு புள்ளியை *Q-வுக்கும் A-யிக்கும் மாற்றத் தகுந்தவாறு சைகையின் வீச்சையும்* தேர்ந்தெடுக்கிறோம்.

E_m மற்றும் I_m என்பன முறையே பளுவில் *a.c* மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் எனில், பளுவில் திறன்

$$P = \frac{E_m I_m}{2} = \frac{I_m{}^2 R_L}{2} \quad \ldots \quad (11.12)$$

மேலும் $I_m = \dfrac{E_m}{R_L}$.

படம் (11.4)-ல், e_b ஆயத்தில்

$$E_b = E_{min} + E_m \quad \ldots \quad (11.13)$$

முக்கோணம் OQC-யில் $OC = CQ \tan O\hat{Q}C$.

$$\text{எனவே, } E_{min} = 2I_m r_p \quad \ldots \quad (11.14)$$

ஏனெனில் OQ-வின் வாட்டம் $= \dfrac{1}{r_p}$.

$$\text{எனவே, } E_m = E_b - E_{min}$$

$$= E_b - 2I_m r_p \quad \ldots \quad (11.15)$$

$$\text{அல்லது } I_m R_L = E_b - 2I_m r_p$$

$$\therefore \quad I_m = \frac{E_b}{R_L + 2r_p} \quad \ldots \quad (11.16)$$

சமன்பாடு (11.12)-லிருந்து,

$$P = \frac{E_b{}^2}{(R_L + 2r_p)^2} \cdot \frac{R_L}{2} \quad \ldots \quad (11.17)$$

இதனைப் பகுதி யாக்கிச் சுழிக்குச் சமமாக்கினால் P பெரும மாவதற்கான நிபந்தனை கிடைக்கும். அஃதாவது

$$R_L = 2r_p \quad \ldots \quad (11.18)$$

என்பதே அந்த நிபந்தனை.

மிகச் சிறந்த திறன் பெருக்கியை அமைப்பதில் 5% குலைவு அனுமதிக்கப்படுகிறது. பெருமத்திறன் பெறுவதற்கான பளுயின் தடைகளையும் (ஒவ்வொரு குழாய்க்கும்) தயாரிப்பாளர்களே சொல் கின்றனர். பென்ட்டோடு பண்பியல் கோடுகள் படம் (11.4)-ல் போன்று இலட்சியமானவை அல்ல. எனவே, பெருமத் திறனுக்கான பளுயின்தடை $2r_p$-யை விடக் குறைவுதான்.

குலைவிலாப் பெருமத்திறன் வேண்டுமெனில், திறன் வெளியீடு, திறன் உணர்வு, மற்றும் கிரிடு-பயசு ஆகியன என்ன மதிப்புக்கள் உடையனவாக வேண்டும்?

$R_L = 2r_p$ எனில், சமன்பாடு (11.17)-ஐ

$$P = \frac{E_b^2}{16r_p} \qquad \ldots (11.19)$$

என்று எழுதலாம். குறிப்பிட்ட ஆனோடு மின்தடை உடைய குழாய், குறிப்பிட்ட செயல்படுபுள்ளியில் செயல்படும்பொழுது கிடைக்கும் திறனை (11.19) தருகிறது. இதற்குத் தகுந்த கிரிடு-பயசு E_c ஆனது சைகையின் உச்ச மதிப்புக்குச் சமமாகும். அஃதாவது $E_c = E_s\sqrt{2}$. ஆனோடு இணைமாற்றுச் சுற்றிலிருந்து,

$$I = \frac{\mu E_s}{R_L + r_p}$$

$$\text{அல்லது } I_m = \frac{\mu E_s\sqrt{2}}{R_L + r_p} = \frac{\mu E_c}{R_L + r_p} \qquad \ldots (11.20)$$

(11.16)-ம், (11.20)-ம் கலக்க,

$$\frac{\mu E_c}{R_L + r_p} = \frac{E_b}{R_L + 2r_p} \qquad \ldots (11.21)$$

$R_L = 2r_p$ ஆதலால்,

$$\frac{\mu E_c}{3r_p} = \frac{E_b}{4r_p} \qquad \ldots (11.22)$$

$$\text{அல்லது} \quad E_c = \frac{3E_b}{4\mu} \qquad \ldots (11.23)$$

E_b = செயல்படு புள்ளியில் ஆனோடு மின்னழுத்தம் (11.23)-லிருந்து E_b-யின் மதிப்பை (11.1)-ல் இட,

$$P = \frac{E_b^2}{16r_p} = \frac{\mu^2 E_c^2}{9r_p}. \qquad \ldots (11.24)$$

$E_c = E_s\sqrt{2}$ எனக் கொண்டதால்,

$$P = \frac{2\mu^2 E_s^2}{9r_p} \qquad \ldots (11.25)$$

$$\text{எனவே, திறன் உணர்வு} = \frac{P}{E_s^2} = \frac{2\mu^2}{9r_p}.$$

மேலும் $\mu = g_m r_p$ ஆதலால்

$$\text{திறன் உணர்வு} = \frac{P}{E_s^2} = \frac{2\mu g_m}{9} \qquad \ldots (11.26)$$

இந்தத் திறன் உணர்வு சமன்பாடு (11.10)-ல் அதற்குச் சொல்லிய மதிப்பில் 10% தான் குறைவு. எனவே திறன், உணர்வு அதிக மாகப் பாதிக்கப்பட வில்லை.

11.6 நேர்ப்போக்கான பெருக்கிகளில் பெருமத்திறமை (Maximum efficiency of linear amplifiers)

படம் (11.4)-ஐக் கவனிக்க செயல்படுபுள்ளி P-யில் $d.c$ மின்னழுத்தம் $= E_b$; ஆனோடு மின்னோட்டம் $= I_b$. எனவே, மூலம் செலவழிக்கும் திறன் $= P_{d.c} = E_b I_b = E_b I_m$. $a.c$ திறன் வெளியீடு $= P_{a.c} = E_m I_m / 2$.

$$\text{ஆனோடு திறமை} = \frac{E_m I_m}{2} / E_b I_m = E_m / 2E_b.$$

$R_L = r_p$ ஆனால், $E_{min} = 2E_m$; மற்றும் $E_b = 3E_m$

$$\text{எனவே, திறமை} = \frac{1}{6} = 16.7\%.$$

$R_L = 2r_p$ ஆனால், $E_{min} = E_m$; $E_b = 2E_m$.

$$\therefore \text{ திறமை} = \frac{1}{4} = 25\%.$$

$R_L =$ ஈறிலி எனில், $E_{min} = 0$; $E_b = E_m$

$$\therefore \text{ திறமை} = 50\%.$$

நடைமுறையில் திறமை மேலே கணக்கிடப்பட்ட மதிப்புகளிலிருந்து 5% முதல் 10% வரை குறையும். பெருக்கி செயல்படும் பாதை இயக்கப் பண்பியலின் நேர்க் கோட்டுப் பகுதியை மீறினால் திறன் வெளியீடு உயரும். அத்தகைய பெருக்கிகளைப் பற்றிப் பகுதி (11.10)-ல் படிப்போம்.

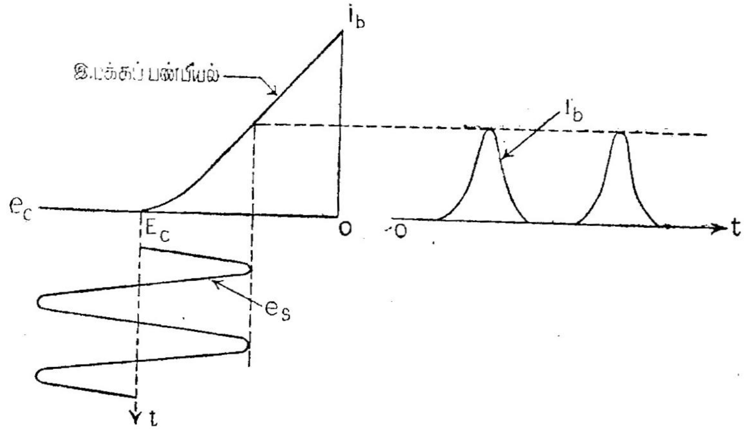
11.7 பெருக்கிகளின் வகைகள்

கிரிடு-பயசைப் பொறுத்துப் பெருக்கிகள் வகைப்படுகின்றன. சைகையின் ஒரு சைக்கிளில் எல்லாக் கணத்திலும் ஆனோடு மின்னோட்டம் உண்டாயின் அவை 4 வகைப் பெருக்கிகள் எனப்படும். B வகையில், வெட்டுப் பயசுக்கு வெகு அருகாமையில் கிரிடு-பயசு தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது. எனவே, ஆனோடு மின்னோட்டம் சைகையின் ஏறத் தாழ அரைச் சைக்கிளுக்குத்தான் பாயும் (படம் 11.5). C வகைப் பெருக்கியில் கிரிடு-பயசு அதன் வெட்டுப்பயசை விட அதிக எதிராகும். எனவே, சைகையின் அரைச் சைக்கிளுக்கும் குறைவான நேரத்திற்குத்தான் ஆனோடு மின்னோட்டம் உண்டு (படம் 11.7).

11.8 B வகைப் பெருக்கி

இதுவரையில் சொல்லப்பட்ட பெருக்கிகள் A வகையைச் சேர்ந்தவை. B வகைப் பெருக்கியின் கிரிடு-பயசு வெட்டுப்பயசுக்

அருகில் உள்ளது. சைகை யில்லாதபொழுது உள்ள ஆனேடு மின்னேட்டம் புறக்கணிக்கத்தக்கது. சைன்வடிவச் சைகை



படம் 11.5

B வகைப் பெருக்கியின் செயல் விளக்கம்

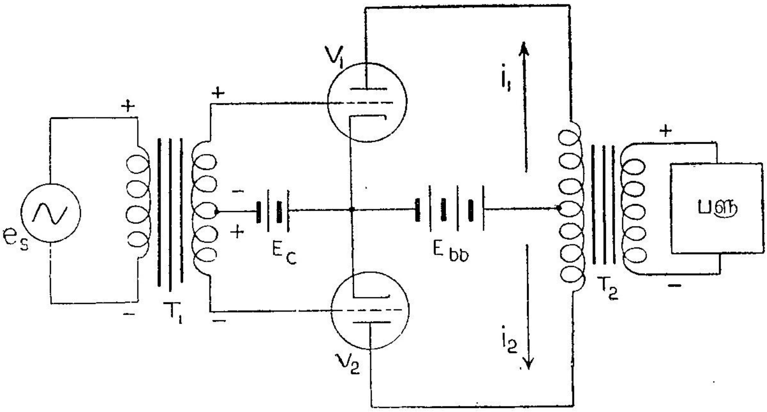
செலுத்தப்பட்டால், ஆனேடு மின்னேட்டம் அரை அலைத் துடிப்பு களாகிறது. இயக்கப் பண்பியல்கோடு வெட்டுப் பயசுவரை நேர்க்கோடாகவே யிருந்தால், மேற்சொன்ன துடிப்புகள் சைன் வடிவ அரை அலைகளாகும்; சுருக்கமாகச் சொன்னால், B வகைப்பெருக்கி ஓர் அரைஅலைத் திருத்தியாகும்.

இதன் திறமையைக் (Efficiency) கணக்கிடுவோம். ஆனேடு மின்னேட்டத்தில் *a.c* கூறின் பெருமமதிப்பில் 0·318 பங்குதான் அதன் *d.c* கூறு மதிப்பாகும் (*A* வகையில் இரண்டும் சமம்). *a.c* வெளியூட்டுத்திறன் குறையும் விகிதத்தைவிட உயர்வான விகிதத்தில், மூலம் தருகின்ற *d.c* திறன் குறைந்து விட்டது; எனவே, திறமை அதிகம். மேலும் சைகை யில்லாதபோழுது மூலம் தருகின்ற திறன் சுழியாம். (*A* வகையில் சைகை யில்லாதபொழுதும் மூலத்திலிருந்து மின்னேட்டம் பாய்கிறது).

சைகையிலிருந்து அரைஅலையை வெட்டியதால், வெளியீடு வடிவம் உள்ளீடு வடிவத்தைப் போலிராது; குலைவு அதிகம். ஆனால் இந்த இழப்பை வேறு வகையில் நிறைவு செய்யலாம். அதுவே தள்ளு - இழுபெருக்கி (Push pull amplifier) ஆகும். இதனில் சைகையின் நேர்அரைச் சைக்கிளை ஒரு *B* வகைப் பெருக்கியும், அதன் எதிர் அரைச்சைக்கிளை மற்றொரு *B* வகைப் பெருக்கியுமாகப் பெருக்குகின்றன.

11.9 தள்ளு-இழு பெருக்கி (B வகை) (Class B Push-Pull amplifier)

படம் (11.6)-ல் இரண்டு டிரயோடுகளின் கிரிடுகளுடன் உள்ளீடு மின்மாற்றி (Input transformer) T_1-ன் துணைச்சுற்று முனைகள் இணைகின்றன. துணைச்சுற்றின் மையம் கிரிடு பயசு



படம் 11.6

தள்ளு-இழு பெருக்கி (*B* வகை)

பேட்டரியுடன் இணைகிறது. இதனுல் இரண்டு கிரிடுகளும் சம மான பயசு உடையன. V_1, V_2 இரண்டையும் B வகைப் பெருக்கி களாக்கும் அளவுக்குக் கிரிடு-பயசு உள்ளது. மின்மாற்றி T_1-ன் முதற்சுற்றில் சைகை e_s செலுத்தப்படுகிறது. சைகையின் முதல் அரைச்சைக்கிளில் T_1-ன் துணைச்சுற்றின் மேல்முனை '+' ஆகிறது; கீழ்முனை '—' ஆகிறது. இதனுல் சைகையானது V_1-ன் கிரிடில் மின்னழுத்தத்தை உயர்த்தும்பொழுது (Less negative), வெளியீடு மின்மாற்றி (Output transformer) T_2-ன் முதற்சுற்றில் ஆனேடு மின்னேட்டம் மேனேக்கிப் பாய்கிறது. அதே பொழுது V_2-ன் கிரிடு மின்னழுத்தம் வெட்டுப்புள்ளிக்குக் கீழே இருப்பதால் T_2-ன் முதற் சுற்றில் கீழ்ப்பகுதியில் மின்னேட்டம் இல்லை. சைகையின் அடுத்த அரைச் சைக்கிளில் T_1-ன் துணைச்சுற்றின் கீழ்முனை '+' ஆகவும், மேல்முனை '—' ஆகவும் மாறுகின்றன. எனவே, இப் பொழுது V_2-ன் ஆனேடு மின்னேட்டம் T_2-ன் முதற் சுற்றில் கீழ் நோக்கிப் பாய்கிறது. இதனுல் T_2-ன் முதற் சுற்றில் மாறுதிசை மின்னேட்டம் ஏற்படுகிறது. சைகையின் ஒவ்வோர் அரைச் சைக்கிளிலும் V_1, V_2 மாறி மாறிப் பளுவிற்கு மின்னேட்டம் ருகின்றன. எனவே, வெளியீடானது சைகையின் நகலாக—

குலைவு குறைவாக உள்ளது. தள்ளு-இழு பெருக்கியை *A* வகையிலும் பயன்படுத்தலாம்.

தள்ளு இழு பெருக்கியின் பண்புகள்:—

(1) *B* வகையில், *A* வகையை விட ஆனோடு திறமை (Plate efficiency) அதிகம் என்பது வெளிப்படை. *B* வகை தள்ளு-இழு பெருக்கியின் திறமை ஏட்டில் 78% என்று நிறுவலாம். நடைமுறையில் இதை விடச் சிறிதளவு தான் குறையும்.

(2) வெளியீடு மின்மாற்றியின் முதற்சுற்றில் இரண்டு குழாய்களின் *d.c* மின்னோட்டங்களும் எதிரெதிர்த் திசைகளில் பாய்கின்றன. எனவே, மின்மாற்றியின் உள்ளகக் காந்தத் தெவிட்டம் (Magnetic saturation of the core) காரணமாகக் குலைவு ஏற்படாது.

(3) இரண்டு குழாய்களும் சரிசமமானவை யெனில், சைகை அதிர்வெண்ணின் இரட்டிப்பு மேற்சுரங்கள் (Even harmonics வெளியிடப்படா. சாதாரண பெருக்கியின் வெளியீட்டுத் திறனை உயர்த்துவதால், இரண்டாவது மேற்சுரங்களால் குலைவும் அதிகம். தள்ளு-இழு பெருக்கியில் இரண்டாவது மேற்சுரம் நீக்கப்படுவதால் வெளியீட்டுத் திறனைக் குலைவு ஏற்படுமே என்ற அச்சமின்றி உயர்த்தலாம்.

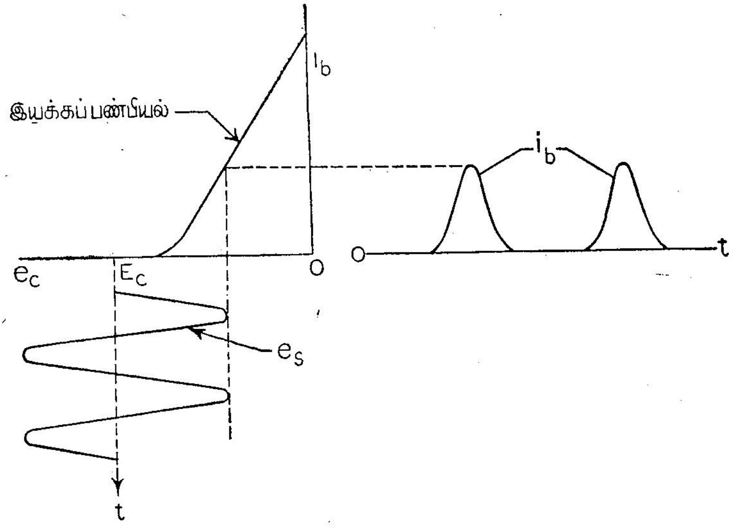
(4) மின்மூலம் தருகின்ற *d.c* மின்னோட்டம் மாறிக் கொண்டேயிருப்பதால், அதனில் மின்னழுத்த நிலைப்பாடு அதிகமாகத் தேவை.

(5) படத்தில், தேவையான *d.c* மின்னழுத்தங்கள் பேட்டரிகளாகக் காணப்பட்டாலும், அவை ஒரு திருத்தியிலிருந்தே பெறப்படுகின்றன. அத்துடன் கிரிடுத்குத் தேவையான பயசைக் கேத்தோடு-பயசு முறையில் பெறலாம். ஆனால் குறுக்குவழி மின் தேக்கி (Bypass capacitor) தேவையில்லை. ஏனெனில் ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் *a.c* கூறு கேத்தோடு சுற்றில் பாய்வதில்லை.

11.10 C வகைப் பெருக்கிகள் (Class C amplifiers)

C வகைப் பெருக்கியில், கிரிடு-பயசு வெட்டுப் பயசைப்போல் இரு மடங்கு ஆகும். இதனால் அமைதி மின்னோட்டம் (Quiescent current) ஏறத் தாழச் சுழிதான். சைன் வடிவச் சைகையானது துடிப்புகளான ஆனோடு மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்துகிறது. ஒவ்வொரு சைக்கிளிலும் சைகையின் உச்ச மதிப்பின்பொழுது இந்தத் துடிப்புகள் ஏற்படுகின்றன. *a.c* மின்னோட்டத்துடன் ஒப்பிடுகையில் (*B* வகையிலுள்ளதை விடக்) குறைவான *d.c* மின்னோட்டமே ஏற்படுகிறது. ஆனோடு திறமை 80—90% வரை கூட இருக்கும்.

C வகைப் பெருக்கி சிக்கலான அலையை வெளிப்படுத்துகிறது. இதனால் குலைவு அதிகம் என்றுணர்க. எனவே, பேச்சு அல்லது



படம் 11.7

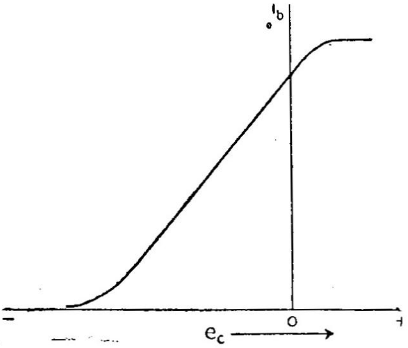
C வகைப் பெருக்கியின் செயல் விளக்கம்

இசைச் சைகைகளுக்கு *C* வகை ஏற்றதன்று. ஆனால், *R-F* சைக்கிளில் *C* வகையினால் இரண்டு முக்கியப் பயன்கள் உண்டு. பகுதி (10.5)-ல் சொல்லப்பட்ட பக்க இணைப்பு இயைவுச் சுற்றின் இயைவு அதிர்வெண்ணில், அதன் மின் எதிர்ப்பு மிக அதிகம் ஆகும். ஆனேடு மின்னேட்டம் சிக்கலாகப் பல அதிர்வெண்கள் உடையதெனினும் இயைவிற்கு இரு மருங்கிலும் வெளியீடு மின்னழுத்தம் மிக மிகக் குறைவு. சைகை அதிர்வெண்ணில் *L-C* சுற்று இயைந்தால் இயைவின் அண்மையில்தான் பளு முனைகளிடை வெளியீடு மின்னழுத்தம் கணிசமாகும். வெளியீடு மின்னழுத்தத்தின் அலைவடிவம் பளுவாக உள்ள சுற்றின் இயைவுக் கூர்மையைப் பொறுத்துத் தூய்மையாக இருக்கும்.

சைகையின் மேற்சுரங்களான புதிய அதிர்வெண்களை உண்டாக்குதல் *C*-வகையின் இரண்டாவது பயன். ஆனேடு சுற்றில் தகுந்த வடிச் சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தித் தேவையான அதிர்வெண்ணை மட்டும் பெறலாம். சைகையின் மேற்சுரங்களில் ஏதாவதொன்றிற்கு வடிச்சுற்றினை இயைவு செய்தால் வெளியீட்டில் அந்த மேற்சுரம் மட்டுமே காணப்படும். இப்பண்பு அதிர்வெண் பெருக்கும் (Frequency multipliers) சுற்றுக்களில் பயன்படுகிறது.

11.11 கிரிடு— மின்னழுத்தம் நேர் ஆதல் (Positive grids)

சைகையின் வீச்சின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்தில் வெளியீடு திறன் பெறப்படுகிறது. எனவே, கிரிடு '+' ஆனாலும் பாதகமில்லை என்று சைகையின் வீச்சை உயர்த்தலாமா?



படம் 11.8

'நேர்' கிரிடின் விளைவு.

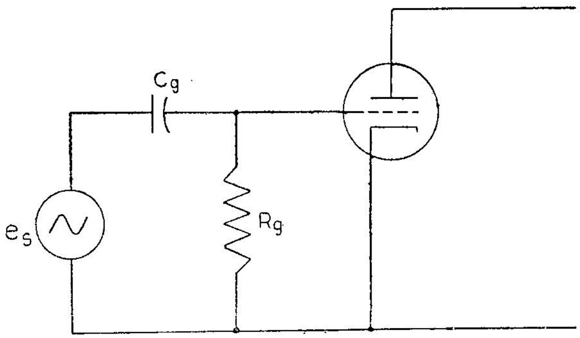
படம் 11.8 பரிமாற்றுப் பண்பியல் கோடு ஆகும். கிரிடு '+' ஆகும்பொழுது, சூழ் மின்னூட்டைதைச் சிறிது குறைக்கிறது. எனவே, ஆனோடு மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது. ஆனால் வரம்பின்றி உயர முடியாது. '+' ஆகும் கிரிடு எலெக்ட்ரான்களை ஈர்க்கிறது. கிரிடு மேலும் மேலும் நேர் ஆக, கிரிடு மின்னோட்டமும் உயர்கிறது. ஒரு கட்டத்தில் ஆனோடு மின்னோட்டமானது வெப்பநிலை வரம்புடையதாகிறது. தகுந்த எச்சரிக்கையுடன் சைகையின் ஒரு பகுதியில் மட்டும் கிரிடு நேர் ஆகும்படி குழாயைச் செயல்படுத்தலாம். கிரிடு அதிகமாகச் சூடேறக் கூடாது. மற்றும் (கிரிடு மின்னோட்டமுள்ளதால்) சைகை மூலம் கணிசமாகத் திறன் தரல் வேண்டும்.

நேர்ப்போக்கான பெருக்கத்தை விட உயர்ந்த திறன் வெளியீடு தான் முக்கியம் என்னும்பொழுதே கிரிடு 'நேர்' ஆகும்படி செய்யலாம். மற்றும் சைகை மூலமானது தேவையான அளவிற்கு 'ஓட்டும் திறனை' (Driving power) அளித்தல் வேண்டும்.

கிரிடு மின்னோட்டம் உண்டெனில் பெருக்கியின் வகைகளுக்குத் தாள்குறியாக (Subscript) '2' என்ற எண்ணும், கிரிடு மின்னோட்டம் இல்லாத பொழுது தாள்குறியாக '1' என்ற எண்ணும் இடுவது பழக்கம். உவமையாக B_2 வகையில் கிரிடு மின்னோட்டம் உண்டு; B_1 வகையில் கிரிடு மின்னோட்டம் இல்லை.

11.12 கிரிடு-மின்னோட்டப் பயசு (Grid-current bias)

படம் (11.9)-ஐக் காண்க. கிரிடில் பயசு மின்னழுத்தம் இல்லையெனத் தோன்றுகிறது. எனவே, ஆனோடு மின்னோட்டம் மிக உயர்வாகலாம் என்றும் எதிர்பார்க்கலாம். ஆனால் சைகை



படம் 11.9

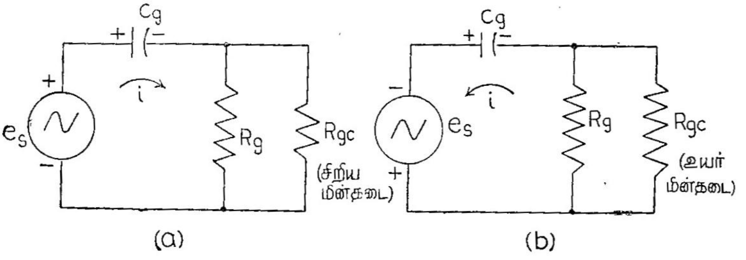
கிரிடு-மின்னோட்டப் பயசு.

உள்ள பொழுது கிரிடு-கேத்தோடு மின்னழுத்தமானது மெய்யாகவே மிகவும் உயர்வாகலாம். கிரிடு 'நேர்' ஆகும் வகையில் சைகையின் முனைப்பண்பு இருக்கும்பொழுது, கிரிடு மின்னோட்டம் ஆரம்பிக்கிறது. கிரிடின் 'நேர்' வீச்சுகள் அதன் சராசரி மின்னழுத்தத்தை எதிர்' ஆக்குகின்றன. எப்படியென்று காண்போம்.

படம் (11.9)-ல் கிரிடு-சுற்றானது, சைகை மூலம் C_g-R_g அடங்கிய தொடர்-பக்க இணைப்புச் சுற்றுடன் (Series-parallel circuit) இணைகிறது. C_g தொடராக இணைகிறது; (மெகோம்கள் வரிசையிலுள்ள) R_g-யும், கிரிடு கேத்தோடு மின்தடை R_{gc}-யும் பக்க இணைப்பில் உள்ளன. கிரிடு 'எதிர்' ஆகும் பொழுது கிரிடு-கேத்தோடு பாதை மிகப் பெரிய மின்தடை (மெகோம்கள்) ஆகும். அதுவே கிரிடு 'நேர்' ஆகும்பொழுது சிறிய மின் தடை (கிலோம்கள்) ஆகிறது. எனவே, கிரிடும், கேத்தோடும், டயோடும் குழாய் போல் செயல்படுகின்றன. கிரிடு 'நேர்' ஆகும்பொழுது (பக்க இணைப்பிலுள்ள) R_g மற்றும் R_{gc}-யின் தொகுமின்தடை குறைவாகும்; கிரிடு 'எதிர்' ஆகும்பொழுது அதுவே உயர்வாகும்.

படங்கள் [11.10(*a*), (*b*)] காண்க. மூலத்தின் மேல்முனை 'நேர்' என்க. படம் (*a*)-யில் கண்டபடி C_g மின்னேற்றம் பெறுகிறது. இச் சுற்றின் நேரமாறிலி குறைவு ஆதலால், C_g-யின் மின்னழுத்தம் மூலத்தின் மின்னழுத்தத்தை நெருக்கமாகப்

தொடர்கிறது. C_g-யின் முனைவுகள் படத்தில் காட்டியவாறுள்ளன. மூலத்தின் மின்னழுத்தம் C_g-யின் மின்னழுத்தத்தை விடக் குறையும்பொழுது கேத்தோடைப் பொறுத்துக் கிரிடு 'எதிர்' ஆகிறது.



படம் 11.10

C_g-யின் மின்னேற்ற — மின்னிறக்கப் பாதைகள்.

எனவே, R_{gc} உயர்வாகிறது [படம் (*b*) பொருந்தும்]. சைகையின் அதிர்வெண் மிகக் குறையவில்லையெனில், C_g முற்றிலுமாக மின்னிறக்கம் செய்வதில்லை. (அது மின்னிறக்கம் முற்றுப்பெறு முன்பே மூலத்தின் மேல்முனை 'நேர்' ஆகி விடும்). எனவே, C_g-யின் சராசரி மின்னழுத்தம் கிரிடுக்குப் பயசு ஆகிறது.

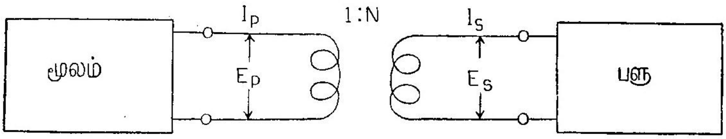
கிரிடு மின்னோட்டம் உள்ளபொழுதுதான் கிரிடு-மின்னோட்டப் பயசு ஏற்படுகிறது. இதனுடன் ஒரே சமயத்தில் கேத்தோடு-பயசும் இருக்கக்கூடும். *R-C* பிணைப்பு (*R-C* Coupling) முறையில் R_g மற்றும் பிணைப்பு மின்தேக்கி உள்ள சுற்றின் நேரமாறிலி மிக உயர்மதிப்புப் பெறக்கூடாது என்பதன் காரணம் இப்பொழுது விளங்கும். அந்த நேரமாறிலி உயர்மதிப்புடையதாகவும், சைகையானது கிரிடை நேர் ஆக்கும் வாய்ப்புடையதாகவும் இருந்தால் கிரிடு-மின்னோட்டப் பயசு ஏற்படும். இந்தக் கிரிடு-மின்னோட்டப் பயசினால் கிரிடு வெட்டும் பயசுக்குட்படுவதைத் தவிர்த்தல் வேண்டும்.

11.13. மின்மாற்றிகளைப் பயன்படுத்தி மின்எதிர்ப்புப் பொருத்தம் (Impedance matching by transformers)

பெருமத் திறன் மாற்றத்திற்குப் பளுமின்தடையும், மூலத்தின் மின்தடையும் சமமாக வேண்டும் என்று படித்துள்ளோம். தற்செயலாகவன்றி, பளுமின்தடையும் மூலத்தின் மின்தடையும் சமமாக மாட்டா. குறிப்பாகக் குழாய்களின் ஆனோடு மின்தடைகள் (பளுக்களுடன் ஒப்பிட) மிக உயர்வாகும். உதாரணமாக 5—10 ஓம்கள் உடைய ஒலிப்பான் சுருளுக்குக் (Loud speaker coil) கிலோம்களான ஆனோடு-மின்தடை உடைய குழாயிலிருந்து

திறனை மாற்ற வேண்டியிருக்கும். பளுவிற்கும் மூலத்திற்கும் மின் எதிர்ப்புப் பொருத்தம் செய்ய மின்மாற்றிகள் உதவுகின்றன.

படம் (11.11)-ல் சுற்றுகள் விகிதம் $1 : N$ உள்ள மின்மாற்றி யானது மூலத்தையும் பளுவையும் பிணைக்கிறது. எளிமைக்காகப் பளுவில் மின்தடை மட்டுமே உள்ளது (மின்மறுப்பு இல்லை) எனக்



படம். 11.11

மின் எதிர்ப்புப் பொருத்தம்

கொள்வோம். முதன்மை மற்றும் துணைச்சுற்று மின்னழுத் தங்கள் முறையே E_p, E_s என்க; I_p, I_s அவை போன்றே மின்னோட் டங்களாகும். எனவே,

$$E_p = \frac{E_s}{N}, \text{ மற்றும் } I_p = I_s N$$

$$\therefore \quad \frac{E_p}{I_p} = \frac{I}{N^2} \cdot \frac{E_s}{I_s} \qquad \ldots (11.27)$$

பளு R_L எனில், $\frac{E_s}{I_s} = R_L$ ஆனால் மூலத்தைப் பொறுத்த வரை அது 'காணும்' மின்தடை E_p/I_p. இந்தக் கற்பனையான பளுவை R' என்க. எனவே,

$$R' = \frac{E_p}{I_p} = \frac{I}{N^2} R_L \quad \ldots (11.28)$$

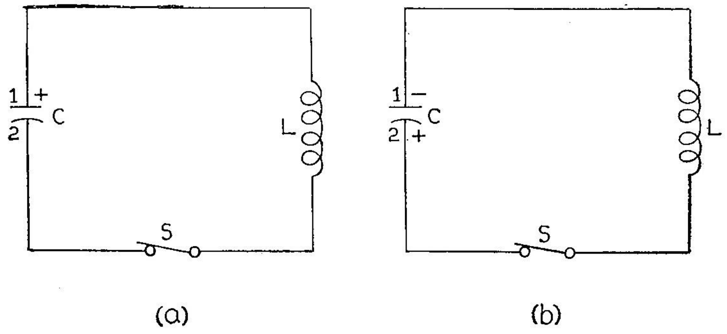
ஆகவே, மூலம் 'காணும்' மின்தடை $\frac{R_L}{N^2}$ ஆகும். N மதிப்பைத் தக்கபடி தேர்ந்தெடுத்தால், அகமின்தடை R உடைய மூலத்தைப் பளுமின்தடை R_L-உடன்—அஃது எதுவாயினும் சரி— பொருத்த லாம். N-ன் மதிப்பு $\sqrt{R_L/R_i}$ என்றாகுமாறு தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும்.

பளுவைவிட மூலத்தில் மின்தடை உயர்வெனில் N ஒரு பின்ன மாகும். அஃதாவது மின்மாற்றி 'கீழ் இறக்கம்' (Step down) வகை யானதாகும்.

12. அலையியற்றிகள்
(Oscillators)

12.1 தொட்டிச் சுற்றில் அலைவுகள் (Oscillations in a tank circuit)

படம் 12.1-ல் மின்தேக்கியும், மின்நிலைமமும் பக்க இணைப்பில் உள்ள தொட்டிச் சுற்றுக் காணப்படுகிறது. சாதாரண ஊசலி (Simple pendulum) போன்றே, மேற்சொன்ன தொட்டிச் சுற்றும்



படம். 12.1

தொட்டிச் சுற்றுச் செயல் விளக்கம்

செயல்பட்டுத் தடையுறு அலைவுகளை (Damped oscillations) ஏற்படுத்தக் கூடியது. படம் 12.1(a)-யில் கண்ட மின்தேக்கி ஒரு $d.c$ மின் மூலத்திலிருந்து மின்னேற்றப்பட்டது எனக் கொள்க. சாவி S மூடப்பட்டால், மின்தேக்கி C மின்நிலைமம் L வழியாக மின்னிறக்கும். மேலும் C-யின் தட்டு 2 (Plate marked 2) தொடக்கத்தில் 'எதிர்' மின்னூட்டம் பெற்றது என்றும், தட்டு 1 'நேர்' மின்னூட்டம் பெற்றது என்றும் கொள்க. எனவே இரண்டு தட்டுகளுக்கும் இடையே மின்புலம் உள்ளது.

S மூடப்பட்டால், தட்டு 2-லிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் மின் நிலைமம் L வழியாகத் தட்டு 1-க்கு ஓடுகின்றன. L வழியாக எலெக்ட்ரான் ஓட்டம் நிகழும்பொழுது, L-ஐச் சுற்றிக் காந்தப்புலம் தோன்றுகிறது. இதனால் காந்தப்பாயம் (Magnetic flux) கம்பிச் சுருளின் சுற்றுகளைக் கடந்து (மின்னோட்டத்தை எதிர்க்கும்) ஓர் எதிர்மின் இயக்குவிசையைத் (Back emf) தூண்டுகிறது. இதன் விளைவாக, மின்தேக்கியிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் மின்னிறங்குதலின் வேகம் மட்டுப்படுகிறது. தட்டு 2-லிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் மின்னிறங்குதல் குறைய, மின்னோட்டம் மெலியத் தொடங்கும். ஆனால் மின்நிலைமம் இந்த மின்னோட்ட மெலிதலை எதிர்த்து எலெக்ட்ரான்கள் ஓடுவதற்குத் துணை செய்யும். எனவே, தட்டு 2 தன்னிடம் மிகையாக இருந்த எலெக்ட்ரான்களை இழப்பது மட்டுமன்றி அதற்கு மேலும் எலெக்ட்ரான்களை இழக்கிறது. எனவே, அதனிடம் இயல்பான எலெக்ட்ரான் எண்ணிக்கை குறைந்து 'நேர்' மின்னூட்டம் (Positive charge) பெறுகிறது. இது போன்றே தட்டு 1-ன்மீது எலெக்ட்ரான்கள் மிகையாவதால் அஃது 'எதிர்' மின்னூட்டம் பெறுகிறது. இது படம் [12.1(b)]-யில் காண்கிறது. காந்தப்புலத்தில் சேமிக்கப்பட்ட ஆற்றல் முழுவதும் தட்டு 1-க்கு மிகையாக எலெக்ட்ரான்களைச் செலுத்தியவுடன், இச் செயல் நின்றுவிடுகிறது. அதுபொழுது காந்தப்புலப் அழியும். ஆனால் ஆற்றல், மின்தேக்கியிலுள்ள மின்புலத்திற்கு மாறி விட்டது. மின்தேக்கி இப்பொழுது முந்தைய நிலைக்கு மாறாக மின்னேற்றம் பெற்றுள்ளது. எனவே, எலெக்ட்ரான்கள் தட்டு 1-லிருந்து தட்டு 2-க்கு L வழியாகப் பாய, முதலில் விளக்கிய செயல் இப்பொழுது எதிர்த் திசையில் நிகழ்கிறது. மீண்டும் மின்தேக்கியின் தட்டு-2 மிகையாக எலெக்ட்ரான்களைப் பெற்றவுடன் ஒரு சைக்கிள் முற்றுப் பெறுகிறது.

இப்படியாக மின்தேக்கியானது மாறி மாறி மின்னேற்றமும் மின்னிறக்கமும் பெறுவதால், ஓர் அலைவு மின்னோட்டம் சுற்றில் தோன்றுகிறது. ஒவ்வொரு சைக்கிளிலும் தொடக்கத்தில் (மின் தேக்கிக்குத்) தரப்பட்ட ஆற்றலின் ஒரு பகுதி சுருளிலும், மின் தேக்கியிலுமுள்ள மின்தடைகளுக்குச் சூடேற்றுவதால் வீணாகிறது—இழக்கப்படுகிறது. முழு ஆற்றலும் இவ்வகையில் வெப்பமாக மாறியவுடன் அலைவு மின்னோட்டம் நின்றுவிடும். எனவே, தடையுறு அலைவுகள் (Damped oscillations) இந்தச் சுற்றில் நிகழ்கின்றன.

சுற்றிலுள்ள மின்தேக்கு திறன் அதிகமானால் சுற்றில் தேங்கும் ஆற்றல் அதிகரிக்கும். அலைவுகளின் ஒரு சைக்கிளுக்கான நேரம் அஃதாவது அலைவு நேரம் அதிகமாகும்; சுற்றின் அதிர்வெண் குறையும். மற்றும், மின்நிலைமம் உயர்ந்தால் மின்னோட்ட

மாற்றத்திற்கான எதிர்ப்பும் உயரும். அதனால் மின்னோட்டம் (எலெக்ட்ரான்கள் ஓடுகின்றன அல்லவா?) குறைந்தது ஒரு சைக்கிளுக்கான அலைவு நேரம் அதிகமாகும். எனவே, சுற்றின் அதிர்வெண் குறையும். எனவே சுற்றின் அதிர்வெண் மதிப்பு L-க்கும், C-யிக்கும் எதிர் விகிதத்தில் உள்ளது. சுற்றின் இயல்பான அதிர்வெண் மதிப்பு

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

L ஹென்றியிலும், C ஃபாரடியிலும் அளக்கப்படல் வேண்டும்.

12.2 ஆக்கப் பின்னூட்டம் (Regenerative feedback)

மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்குதல் எலெக்ட்ரான் குழாய்களில் ஒரு முக்கியப் பயனாகும். குழாய் அலையியற்றிகள் மின் மூலத்திலிருந்து $d.c$ ஆற்றலைப் பெற்று அதனை $a.c$ ஆற்றலாக மாற்றி வெளியிடுகின்றன. குழாய்களுக்குப் பெருக்கு திறனும் உண்டாதலால் அவை இந்த ஆற்றல் மாற்றத்தைக் திறம்படச் செய்கின்றன.

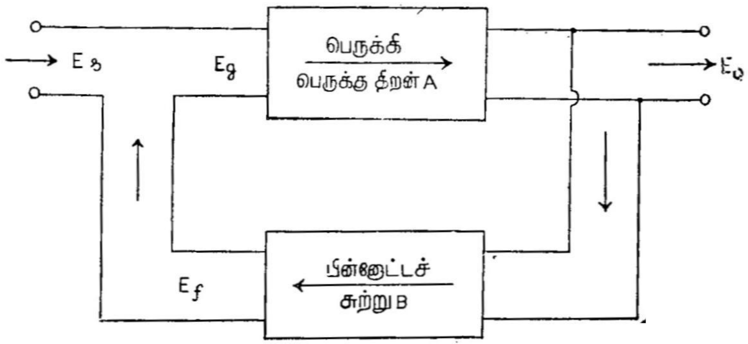
தொட்டிச் சுற்றில் ஏற்படும் தடையுறு அலைவுகள் ஒரு பெருக்கியின் உள்ளீடாக்கப்பட்டால், அவை பெருக்கப்பட்டு வெளியிடப் படுகின்றன. இப் பெருக்கத்தின் காரணமாகப் பெருக்கியின் ஆனோடு சுற்றில், அதன் கிரிடு சுற்றைவிட அதிகமான ஆற்றல் கிடைக்கிறது. ஆனோடு சுற்றில் கிடைக்கும் ஆற்றலின் ஒரு பகுதியைத் தொட்டிச் சுற்றில் மெலிந்து கொண்டிருக்கும் அலைவுகளுக்கு வலிவூட்டத் தக்க பிறையில் கிரிடுக்குப் பின்னூட்டினால் ஆற்றல் இழப்பு நிறைவு செய்யப்பட்டு அலைவுகள் தொடர்ந்து நிகழும். எனவே, ஆக்கப் பின்னூட்டச் சுற்று (Regenerative feedback circuit) ஒன்றுடன் தொட்டிச் சுற்றையும், பெருக்கியையும் இணைத்தால் பெருக்கியை அலையியற்றி யாக்கலாம். எனவே, குழாயில் அலைவுகளை ஏற்படுத்த மூன்று உறுப்புகள் தேவை: (அ) அலைவுகளுடைய இயைவுச் சுற்று (தொட்டிச் சுற்று); (ஆ) ஆற்றல் தரும் மின்மூலம்; (இ) பெருக்கியின் வெளியீட்டிலிருந்து, தகுந்த அளவு ஆற்றலை, அதற்கே உள்ளீடாகத் தக்க பிறையிலும், மற்றும் வீச்சிலும் உட்செலுத்தும் ஆக்கப் பின்னூட்டச் சுற்று. இப்படிப்பட்ட பின்னூட்டச் சுற்று அமைவதற்கு நிறைவேற வேண்டிய நிபந்தனை என்ன?

12.3 பின்னூட்ட அலையியற்றிகளில் அலையியற்றுவதற்கு நிபந்தனை (Condition for oscillations in feed back oscillators)

பகுதி (8.15)-ல் பெருக்கிகளில் குலைவுகளைக் குறைப்பதற்கு எதிராக்கம் பயன்படுகிறது என்று கண்டோம். ஆனால் பெருக்கி

களில் நிலையிலாமையை ஏற்படுத்துமேயென்று நேர்ப் பின்னூட்டம் தவிர்க்கப்பட்டது. இந்த 'நிலையிலாமை' தான் அலையியற்றிகளின் அடிப்படையாகும். ஒரு பெருக்கியில் நிறைய 'நேர்ப்' பின்னூட்டம் உள்ளதெனக் கொள்க. சிறிய சைகையொன்று பெருக்கப்பட்டுப் பின்னர்ப் பெருக்கியின் உள்ளீட்டில் பின்னூட்டப்படுகிறது; மீண்டும் பெருக்கப்படுகிறது. எனவே, சுற்றிச் சுற்றி வரும் சைகையின் வீச்சு வரம்பின்றி உயரவழியுண்டு. ஆனால் பின்னூட்டச் சுற்றினில் ஏற்படும் இழப்பும், வெட்டும் பயசு மற்றும் தெவிட்டத்தின் காரணமாகப் பெருக்கு திறன் குறைவதும் சேர்ந்து வரம்பிலா உயர்வுக்கு வரம்பு கட்டுகின்றன.

படம் (12.2)-ல் பெருக்கு திறன் 'A' உடைய பெருக்கி காண்கிறது; இதன் $a.c$ வெளியீட்டில் ஒரு பகுதியானது பின்னூட்டச் சுற்று வழியாகப் பெருக்கியின் உள்ளீடாகப் பின்னூட்டப்படுகிறது. பின்னூட்டப்படும் மின்னழுத்தம் E_f 180^0 பிறைமாறுமல், E_s மற்றும் E_g-உடன் ஒத்த பிறையில் உள்ளது. பெருக்கியின் வெளியீட்டின் ஒரு பின்னமான B மட்டுமே உள்ளீடாகும் வகையில் பின்னூட்டச் சுற்று அமைகிறது. எனவே, $B = E_f / E_o$.



படம் 12.2

பின்னூட்டம் - செயல் விளக்கம்

E_f, E_g மற்றும் E_s ஒத்த பிறையின வாதலால்,

$$E_f = E_g AB \quad \dots (12.1)$$

மற்றும் $E_g = E_s + E_f = E_s + E_g AB \quad \dots (12.2)$

எனவே, $E_s = E_g (1 - AB) \quad \dots (12.3)$

$AB = 1$ ஆகுமானால் $E_s = 0$ ஆகும்; இச்செயல் தன்னைத் தானே நிலையிலிருந்தும் சுற்றிவரும் மின்னழுத்தத்தைப் பாதிக்காமல் E_s சுழியாக்கப்படலாம். $AB > 1$ ஆகுமானால் தொடர்ந்து அலைவுகள் ஏற்படும். ஆனாலும் A மற்றும் B வழியாகச் செல்கையில் ஏற்படும் மொத்தப் பிறை மாற்றம் சுழியாக வேண்டும்.

மேலும் குழாயின் பெருக்க எண் (μ) குறைவாகவோ, பின்னூட்டப்படும் மின்னழுத்தம் தேவைக்கும் குறைவாகவோ இருந்தால் அலைவுகள் நிகழா. தொடர்ந்து அலையியற்ற இரண்டு நிபந்தனைகளும் நிறைவேறல் வேண்டும்.

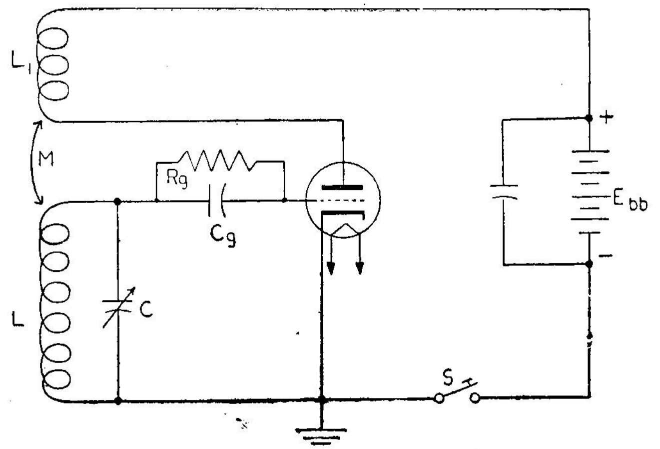
படம் (12·1) ல் காணப்படும் தொட்டில் சுற்று L-C பக்க இணைப்பு ஆகும். பக்க இணைப்பு இயைவுச் சுற்றில் அதன் இயைவு அதிர்வெண்ணில் மட்டும், உச்சமான மின்னழுத்தம் தோன்றுகிறது. எனவே, பின்னூட்ட அலையியற்றிகளில் இயைவுறு பக்க இணைப்புச் சுற்றுகள் அதிர்வெண் உணர்வு உடைய சுற்றுகளாகப் பயன் படுகின்றன. இயைவு தராத மற்ற அதிர்வெண்களில் L-C பக்க இணைப்பில் மின்னழுத்தம் குறைகிறது. மேலும், அது அப்பொழுது தூய மின்தடையாகச் செயல்படுவதில்லை. இவ்விரண்டு காரணங்களாலும் L-C பக்க இணைப்புச் சுற்றுத் திறமையான பின்னூட்டச் சுற்றாகச் செயல்படுகிறது.

12.4 இயைவுறு கிரிடு அலையியற்றி (Tuned grid oscillation)

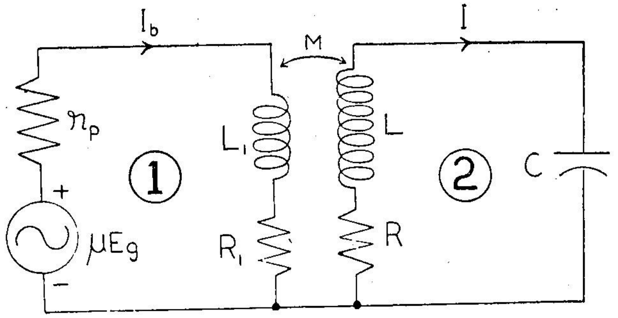
படம் (12.3)-ல் காண்பது இயைவுறு கிரிடு அலையியற்றி ஆகும். இதனை 'டிக்ளர்' பின்னூட்ட அலையியற்றி (Tickler feed-back oscillator) என்பதுமுண்டு. அதில் L மற்றும் C அடங்கியது தொட்டிச் சுற்று ஆகும். $d.c$ ஆற்றலைத் தரும் மின்மூலம் பேட்டரி E_{bb} ஆகும். L-உடன் பிணைந்த 'டிக்டர் (Tickler) சுருள் L_1 பின்னூட்டச் சுற்று ஆகும். அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணைக் தேர்ந்தெடுக்க வசதியாக மின்தேக்கி C மாற்றும் வகையானது. ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் $a.c$ கூறுக்குக் குறைந்த மின்மறுப்பு உடைய பாதையைத் தர E_{bb}- உடன் பக்க இணைப்பாக ஒரு மின் தேக்கி உள்ளது. கிரிடு சுற்றில் உள்ள R_g-C_g கூட்டு-இதன் பெயர் கிரிடு-கசிவு (Grid leak)—கிரிடுக்குத் தேவையான பயசைத் தானே சீரமைக்கிறது.

தொட்டிச் சுற்று L-C-யில் அலைவுகள் தொடங்கி விட்டால், அவை ஆனோடு சுற்றில் பெருகிய அளவில் தோன்றும். இதனில் ஒரு பகுதி ஆற்றல் டிக்ளர் சுருள் L_1-லிருந்து சுருள் L-க்கு மின் தூண்டலால் ஊட்டப்படுகிறது. இதனால் L-C சுற்றில் இழக்கப்படும் ஆற்றல் நிறைவு செய்யப்பட்டு அலைவுகள் தொடர்கின்றன. பின்னூட்டம் தக்க பிறையில் நிகழ்கிறது என்பது எளிதல்

விளங்கும். பெருக்கியே 180° பிறை மாற்றத்தைக் கிரிடு மற்றும் ஆனோடு சுற்றுகளிடையே ஏற்படுத்தும். L_1 மற்றும் L சேர்ந்த



(*a*) அலையியற்றி



(*b*) இணைமாற்றுச் சுற்று

படம் 12.3

இயைவுறு கிரிடு அலையியற்றி
(டிக்ளர் பின்னூட்ட அலையியற்றி)

கூட்டு ஒரு மின்மாற்றி ஆகும். எனவே, மேலும் ஒரு 180° பிறை மாற்றம் ஆனோடு மற்றும் கிரிடு சுற்றுகளிடையே ஏற்படுகிறது. எனவே, பின்னூட்டப்படும் மின்னழுத்தம் கிரிடு சுற்றிலுள்ள மின்னழுத்தத்துடன் ஒத்த பிறையிலுள்ளது; ஆக்கப் பின்னூட்டம் நிகழ்கிறது.

இந்த அலையியற்றிச் செயல்முறையை விரிவாகக் காண்போம். கேத்தோடு சூடேறியவுடன் எலெக்ட்ரான்களை உமிழ்கிறது. சாவி S மூடப்பட்டவுடன் மின்னோட்டம் L_1 மற்றும் E_{bb} வழியாக ஓடு

கிறது. இதன் காரணமாக L_1-ஐச் சுற்றிலும் வளரும் மின்புலம் தோன்றி, L_1-ல் மின்னழுத்தத்தைத் தூண்டுகிறது. முதன் முதலில் L-C சுற்றின் உச்சி முனை '+' என்று கொள்வோம். இந்த நேர் மின்னழுத்தம் C-யில் மின்னேற்றுகிறது. எனவே, கிரிடிலும் நேர் மின்னூட்டம் உள்ளது. ஏனெனில் கிரிடு R_g வழியாக C-யின் மேல் தட்டுடன் இணைகிறது அன்றோ? தொடக்கத்தில் கிரிடு-பயசு இல்லை யாதலால், கிரிடின் மீதுள்ள நேர் மின்னழுத்தம் ஆனோடு மின்னோட்டத்தை உயர்த்துகிறது. இதனால் L-ஐச் சுற்றிலும் காந்தப் புலம் மேலும் வளர்கிறது. ஆக, முன்னைவிட அதிகமான மின்ன ழுத்தம் L_1-ல் தூண்டப்பெற்றுக் கிரிடுக்கும் அளிக்கப்படுகிறது. C மேலும் மின்னேற்றம் மேலும் உயர்கிறது; L_1-ன் காந்தப் புலம் மேலும் வளர்கிறது; C-யும், கிரிடும் மேலும் 'நேர்' மின்னழுத்தம் பெறுகின்றன. ஆனோடு மின்னனோட்டம் தெவிட்டும்வரை மேற் கூறிய வளர்ச்சிகள் நிகழ்கின்றன; ஆகத் தெவிட்டியவுடன் L_1-ன் காந்தப்புலம் வளராமல் நிலையாகும்.

L_1-ன் காந்தப் புலத்தின் வளர்ச்சி நின்றவுடன் L-ல் தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்தம் குறைந்து முடிவில் சுழியாகும். ஆனால் பெரும மின்னழுத்தத்திற்கு C மின்னேற்றப்பட்டுள்ளது. எனவே, அஃது எதிர்த் திசையில் மின்னிறக்குகிறது. இதனால் L-C-யின் மேல்முனையில் மின்னழுத்தம் பெருமத்திலிருந்து இறங்கிச் சுழியாகும். இதன் விளைவாகக் கிரிடு மின்னழுத்தமும் குறைந்து சுழியாவதால் ஆனோடு மின்னோட்டம் குறைகிறது. எனவே, L_1-ன் காந்தப்புலம் மெலியத் தொடங்கி L-ல் 'எதிர்' மின்னழுத்தத்தைத் தூண்டுகிறது. இதனால் C வேகமாக மின் னிறக்கக் கிரிடு மின்னழுத்தத்தையும் 'எதிர்' ஆக்குகிறது; ஆனோடு மின்னோட்டம் மேலும் மேலும் குறைந்து முடிவில் சுழி யாகிறது. இக் கணத்தில் L_1-ன் காந்தப்புலம் முற்றிலும் அழிந்து விடுகிறது; L-ல் தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்தமும் மறைந்து விடு கிறது; கிரிடு மின்னழுத்தம் எதிரிலிருந்து சுழிக்கு உயர்கிறது. இப்பொழுது கிரிடு வெட்டும் பயசைவிட 'நேர்' ஆவதால் ஆனோடு மின்னோட்டம் உயரத் தொடங்கி அதே சைக்கிள் மீண்டும் நிகழ் கிறது.

விரிவாகச் சொல்லப்பட்ட இந்தச் செயல்கள் மிக வேகமாக, மிகக் குறுகிய நேரத்தில் பல முறை நிகழ்கின்றன. இவை நிகழும் வேக விகிதம் L-C கூட்டினால் கணிக்கப்படுகிறது. பெருக்கியின் பெருக்கு திறனோ, பின்னூட்டப்படும் ஆற்றலோ தொட்டிச்சுற்றில் வீணாகும் ஆற்றலை ஈடுசெய்யுமளவிற்கு இல்லாவிட்டால் அலை வுகள் நிகழா. மின்னூட்டப்படும் ஆற்றல் மதிப்பு L_1, L-க்கு இடையே உள்ள பிணைப்பைப்—பரிமாற்று மின்நிலைமத்தைப் பொறுத்தது. சுருள்களிடையே இடைவெளி அதிகமானால்,

அவற்றின் பிணைப்புக் குறையும்; இதனால் பிணைப்பின் மாறுநிலை மதிப்பிற்குக் கீழே அலைவுகள் நிலையிருத்தப்படா. இதற்குச் சரியான பரிமாற்று மின்நிலைமத்தின் மாறுநிலை மதிப்பைக் (Critical value of mutual inductance) கணக்கிடுவோம். அலையியற்றிக்கான இணை மாற்றுச்சுற்றுப் படம் (12.3b) ஆகும். இதனில் r_p, R_1, R என்பன முறையே ஆனோடு, சுருள்கள் L_1 மற்றும் L-ன் மின்தடைகளாகும். வலை (i) மற்றும் (ii)-க்குக் கிர்க்ஃகாப் விதியைப் பொருத்த,

$$\mu E_g = I_b\,(R_1+r_p+j\omega L_1)-j\omega M \qquad \ldots \quad (12.4)$$

$$0 = I\left(R+j\omega L+ \frac{I}{j\omega C}\right)-j\omega MI_b \qquad \ldots \quad (12.5)$$

மேலும் E_g = C-யின் முனைகளிடை மின்னழுத்தம் = பின்னூட்டப் படும் மின்னழுத்தம்

$$\frac{I}{j\omega C}$$

இந்த E_g மதிப்பைச் சமன்பாடு (12.4)-ல் இட,

$$\frac{I}{j\omega C} = I_b(R_1 + r_p + j\omega L_1) - j\omega MI \qquad \ldots \quad (12.6)$$

$$I\left[\frac{\mu}{j\omega C} + j\omega M\right] = I_b\,(R_1+r_p+j\omega L_1) \qquad \ldots \quad (12.6a)$$

சமன்பாடு (12.6)-லிருந்து

$$I\left(R+j\omega L + \frac{I}{j\omega C}\right) = j\omega MI_b \qquad \ldots \quad (12.7)$$

சமன்பாடு (12.6a)-ஐச் சமன்பாடு (12.7) ஆல் வகுக்க, I_b, I மறைகின்றன.

$$\frac{\left(\frac{\mu}{j\omega C} + j\omega M\right)}{R+j\omega L+ \frac{I}{j\omega C}} = \frac{R_1+r_p\div j\omega L_1}{j\omega M}$$

r_p-யுடன் ஒப்பிட, R_1 மிகச் சிறியது; புறக்கணிக்கப்படலாம். மற்றும் குறுக்கே பெருக்க,

$$\frac{\mu M}{C} - \omega^2 M^2 = \left((r_pR-\omega^2 LL_1 + \frac{L_1}{C}\right)$$

$$+ j(\omega Lr_p - \frac{r_p}{\omega C} +\omega L_1) \qquad \ldots \quad (12.8)$$

மெய்ப் பகுதிகளைச் சமன்படுத்த,

$$\frac{C}{\mu M}\omega^2 M^2 = r_p R - \omega^2 L L_1 + \frac{L_1}{C}$$

அல்லது,

$$\mu M - \omega^2 M^2 C = r_p RC - \omega^2 L L_1 C + L_1$$

தொட்டிச்சுற்றில் இயைவு இருப்பதால்,

$\omega^2 LC \approx 1$. (பகுதி **3.3** காண்க).

$$\therefore \quad \mu M \left(1 - \frac{M}{\mu L}\right) = r_p RC$$

பொதுவாக, ஒன்றுடன் ஒப்பிட $\frac{M}{L\mu}$ சிறியது; புறக்கணிக்கலாம்.

எனவே, $M = \frac{r_p RC}{\mu} = \frac{RC}{gM}$ ... (12.9)

சமன்பாடு 12·8)-ல் கற்பனைப் பகுதிகளைச் சமன்படுத்த,

$$= \omega L r_p - \frac{r_p}{\omega C}\omega L_1 R = \omega^2 LC r_p - r_p + \omega^2 L_1 CR$$

$$\omega \quad (LC r_p + L_1 CR) = r_p$$

$$\omega^2 = \frac{r_p}{LC r_p + L_1 CR}$$

$$= \frac{1}{LC + \frac{L_1 CR}{r_p}} = \frac{1}{LC\left(1 + \frac{L_1}{L} \cdot \frac{R}{r_p}\right)}$$

$$\therefore \quad \omega = (LC)^{\frac{1}{2}}\left(1 + \frac{L_1 R}{L r_p}\right)^{\frac{1}{2}} = \omega 0 \left(1 - \frac{RL_1}{2 r_p L}\right)$$

அல்லது $f = f_0 \left[1 - \frac{RL_1}{2 r_p L}\right]$ ... (12.10)

இங்கு $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$

இந்த அலையியற்றியின் அதிர்வெண் தொட்டிச் சுற்றின் இயைவு அதிர்வெண்ணை விடக் குறைவு.

சமன்பாடுகள் (12.9) மற்றும் (12.10)-ஐ விவாதிப்போம். L-C சுற்றில் வீணுகும் ஆற்றலைச் சரியாக ஈடுசெய்யத் தேவையான ஆற்றலைப் பின்னூட்டுவதற்கு நிறைவேற வேண்டிய நிபந்தனை

சமன்பாடு (12.9) ஆகும். இந்த நிபந்தனை சரியாக நிறைவேறினால் மாறிலியான வீச்சும், நல்ல அலைவடிவமும் உள்ள அலைவுகள் ஏற்படும். M மதிப்பு உயர்வாக இருந்தால் அலைவுகளில் குலைவு ஏற்படும். மிகையான M மதிப்புத் தவிர்க்கப்படச்

$$\frac{r_p}{\mu} = \frac{1}{gM}$$

சிறியதாக வேண்டும். அத்துடன் μ உயர்வாக வேண்டும் என்று முன்பே படித்தோம். பொதுவாக, நிலைப்பாடு உடைய அலையியற்றிக்கு g_m மற்றும் μ உயர்மதிப்புகள் உடைய குழாய் தேவை. குழாய்களில் இவை முரணான பண்புகள். எனவே, இரண்டு தேவைகளும் ஓரளவிற்கே நிறைவேறும்.

சமன்பாடு (12.10)-லிருந்து, விகிதம் $\frac{R}{r_p}$ அலையியற்றியின் அதிர் வெண்ணைப் பாதிக்கிறது எனத் தெரிகிறது. கிரிடு அல்லது ஆனோடு மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்து, அல்லது கேத்தோடு உமிழ்வதைப் பொறுத்து, அல்லது வேறொரு குழாய் மாற்றப்பட்டாலும், குழாயின் $a.c$ மின் தடை மாறும்; எனவே, அலையியற்றியின் அதிர் வெண்ணும் மாறும். இது போன்றே, சாதாரண அதிர்ச்சிகளுக்குக் கருவி உட்பட்டாலும் L, C மற்றும் R-ன் மதிப்புகள் மாறும். இதனாலும் அதிர்வெண் மாறலாம். எனவே, குறிப்பாக $\frac{R}{r_p}$ மிகச் சிறியதாக வேண்டும்; அஃதாவது தொட்டிச் சுற்றில் மின்தடை சிறியதாகவும் குழாயின் மின்தடை உயர்வாகவும் இருத்தல் வேண்டும்.

12.5 கிரிடு கசிவு-பயசு (Grid leak bias)

கிரிடு-கசிவு மின்தடை R_g-யும், கிரிடு மின்தேக்கி C_g-யும் அலையியற்றிக்குத் தேவையான பயசைத் தருகின்றன. கேத்தோடு பயசைவிடக் கிரிடு-கசிவு பயசு பயன்படுத்தப்பட்டால் அலையியற்றியின் நிலைப்பாடு உயரும். அத்துடன், அலையியற்றி தானே இயங்கத் தொடங்கும்; அலைவுகளைத் தூண்டிவிடத் தேவையில்லை. C_g-யின் மதிப்பு உயர்வாகும்; இதனால் குறைந்த மின்மறுப்பு உள்ள பாதை சைகைக்குக் கிடைத்து, R_g-யினின்றும் ஒதுங்கிச் செல்லும். அலையியற்றி செயல்படும்பொழுது, 'நேர்' அரைச் சைக்கிள்களில் கிரிடு 'நேர்' ஆவதால் கிரிடு மின்னோட்டம் உண்டு. எலெக்ட்ரான்கள் கிரிடிலிருந்து R_g மற்றும் L_1 வழியாகப் பாய்ந்து, R_g-யின் முனைகளிடையே மின்னழுத்த இறக்கம் உண்டாகிறது. கிரிடுடன் இருந்த R_g-யின் முனை அதன் மற்ற முனையை விட 'எதிர்' ஆகிறது. இதனால் R_g-யின் மின்னழுத்த இறக்கத்திற்குச் சமமான 'எதிர்ப்பு'க் கிரிடுக்குக் கிடைக்கிறது. கிரிடு மின்னோட்டம் உள்ள அரைச் சைக்கிளில் C_g மின்னேற்றம் பெறுகிறது. R_g, C_g-யின் மதிப்புகள்

உயர்வானால் C_g-யிலுள்ள மின்னூட்டம் மிக மெதுவாகத்தான் 'எதிர்' அரைச் சைக்கிளில் இறங்கும். எனவே, முழுச் சைக்கிளிலும் C_g-யின் மின்னழுத்தம் ஏறத் தாழ மாறிலியாகிக் கிரிடுக்கும் பயசு தருகிறது.

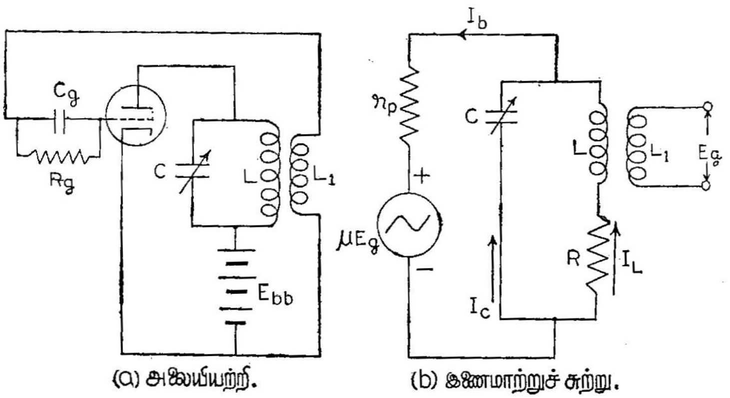
தொடக்கத்தில், கிரிடு மின்னழுத்தம் சுழியாதலால் ஆனோடு மின்னோட்டமும் பெருக்கமும் (Amplification) அதிகம். சாவி மூடப் பட்டவுடன், எந்த ஒரு சிறிய அலைவும் பெருக்கப்பட்டு, நிலை யிருத்தப்படுகின்றன. இந்தச் சிறிய அலைவு குழாயிலுள்ள இரைச்சல் காரணமாக ஏற்பட எப்பொழுதுமே வழியுண்டு. எனவே, அலையியற்றி தானாகவே இயங்கத் தொடங்குகிறது.

மாறிலியான பயசு (Fixed bias) உள்ளபொழுது ஏதாவதொரு காரணத்தால் (உதாரணமாக E_{bb} குறைதல்) அலைவுகளின் வீச்சுக் குறைந்தால் அதன் விளைவாகக் குறைந்த வீச்சுக் கிரிடுக்கு ஊட்டப்படுகிறது. எனவே, வெளியீட்டு வீச்சும் குறைந்து முடிவில் அலைவுகள் நின்று விடும். மாறாக C_g-R_g-யிலிருந்து பயசு பெறப் பட்டால் வெளியீட்டில் வீச்சுக் குறையும்பொழுது கிரிடு-பயசும் தானாகவே குறையும். எனவே, பெருக்கம் உயரும். இதனால் வெளியீட்டு வீச்சும் உயரும். எனவே, நிலைப்பாடு அதிகரிக்கும்.

இந்த அலையியற்றின் நிலைப்பாடு அதிகமாதலால், 'சூப்பர் ஹெட்' வானொலிப் பெட்டிகளில் அதிர்வெண் மாற்றியாகப் (Frequency changer) பயன்படுகிறது.

12.6 வேறுவகைப் பின்னூட்ட அலையியற்றிகள் (Other feedback oscillators)

(அ) இயைவுறு ஆனோடு அலையியற்றி (Tuned plate oscillator): தொட்டிச் சுற்றை ஆனோடு சுற்றில் இணைப்பதால் பெறப்படுவது இயைவுறு ஆனோடு அலையியற்றி. இதன் படம் (12.4)-ல் காண்க.



(a) அலையியற்றி. (b) இணைமாற்றுச் சுற்று.

படம் 12.4

இயைவுறு ஆனோடு அலையியற்றி

L-ம், C-யும் உள்ள சுற்றுத் தொட்டிச்சுற்று ஆகும். சுருள் L_1-ல் தூண்டப்படும் மின்னழுத்தம் கிரிடுக்கும் பின்னூட்டப்படுகிறது. C_g, R_g இரண்டும் கிரிடு-கசிவு பயசைத் தருகின்றன. இதற்கான இணைமாற்றுச் சுற்றுப் படம் [12.4 (b)] ஆகும். இச் சுற்றில் தேவையான பிணைப்பு உள்ளபொழுது, பரிமாற்று மின் நிலைமம்

$$M = -\left(\frac{CRr_p + L}{\mu}\right) \quad \dots \quad (12.11)$$

ஆகும். இதன் அதிர்வெண்

$$f = \frac{1}{2\pi (LC)^{\frac{1}{2}}} \left(\frac{r_p + R}{r_p}\right)^{\frac{1}{2}} = f_0 \left(1 + \frac{R}{2r_p}\right) \quad \dots \quad (12.12)$$

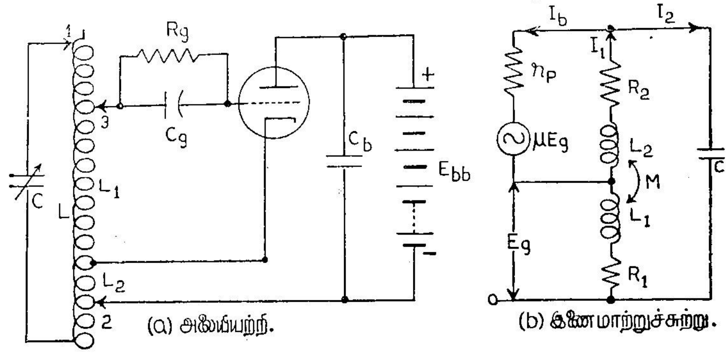
இயைவுறு கிரிடு அலையியற்றியின் அதிர்வெண் மற்றும் பரிமாற்று மின் நிலைம மதிப்புகளைப் பற்றிச் சொல்லப்பட்ட கருத்துகள் இந்த அலையியற்றிக்கான சமன்பாடுகள் (12.11), (12.12)-க்கும் பொருந்தும். மேலும், இயைவுறு ஆனோடு அலையியற்றியில், இயைவுறு கிரிடு அலையியற்றியைவிட நிலைப்பாடு குறைவு; ஆனால் முன்னது பின்னதைவிடச் சிறிதே அதிக அளவு ஆற்றல் (Power output) அளிக்க வல்லது.

(ஆ) ஹார்ட்லி அலையியற்றி (Hartley oscillator): இயைவுறு-கிரிடு அலையியற்றியில் சில மாற்றங்கள் செய்யப்பட்டதே ஹார்ட்லி அலையியற்றி ஆகும். ஆனோடு சுற்றிலும், கிரிடு சுற்றிலும் தனித் தனியே சுருள்கள் இருப்பதற்குப் பதிலாக, இடை இணைப்புடைய ஒரே சுருள் ஹார்ட்லி சுற்றில் பயன்படுகிறது. ஹார்ட்லி சுற்றின் செயல்முறையும், இயைவுறு-கிரிடு சுற்றின் செயல்முறையும் ஒன்றே.

தொட்டிச்சுருளின் கீழ்ப்பகுதி L_2, அதன் மேற்பகுதி L_1-உடன் மின்நிலைமப் பிணைப்பு உடையது. L_1, L_2 இரண்டும் ஆட்டோ-டிரான்ஸ்பார்மராகச் (Auto-transformer) செயல்படுகின்றன. சீரமைக்கக்கூடிய மின்தேக்கி C- ஆனது சுருள் பகுதிகள் இரண்டுடனும் இணைவதால் மின்தேக்கிப் பிணைப்பும் உள்ளது. சீரமைக்கக் கூடிய பகுபுள்ளிகள் (Tapping points) 1,2 மற்றும் செயல் சூழ்நிலைகளைக் கட்டுப்படுத்துவதற்காக உள்ளன.

C-யும், பகுபுள்ளி 1-ம் சேர்ந்து அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணை நிர்ணயிக்கின்றன. 1-ஐக் கீழாக நகர்த்துவதால் சுருளின் மின் நிலைமம் L குறையும். அலையியற்றியின் அதிர்வெண்

$f = \left(1 + \frac{R_1}{2r_p}\right) \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. C-யின் முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்ட மின் நிலைமம் L ஆகும். R_2 என்பது L_2 சுருளின் மின்தடை.



படம் 12.5

(a) ஹார்ட்லி அலையியற்றி
(b) அதற்கான இணைமாற்றுச் சுற்று

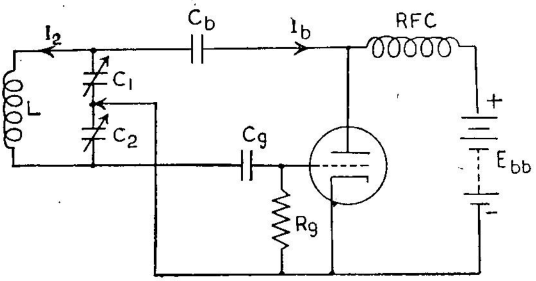
பகுபுள்ளி 2, ஆனோடு சுற்றில் உள்ள சுருள் பகுதி L_2-ன் மின் எதிர்ப்பைச் சீரமைக்கிறது. இதனால் சுற்றின் அதிர்வெண் அதிகமாகப் பாதிக்கப்படுவதில்லை. கேத்தோடுக்கும் ஆனோடுக்கும் இடையே இணைக்கப்பட்ட சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்க, ஆனோடு சுற்றின் மின்எதிர்ப்பு உயரும். பகுபுள்ளி 3, அலையியற்றியின் வெளியீடு பெருமமாவதற்குத் தக, கிரிடுக்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தைத் தீர்மானிக்கிறது. இழக்கப்படும் ஆற்றலை ஈடு செய்யும் இந்த மின்னழுத்தம், கணிசமாக வேண்டும்; ஆனால் மிகையாகிக் குலைவுகளை ஏற்படுத்தக் கூடாது. பகுபுள்ளி 3-ஐ மேனோக்கி நகர்த்தினால் கிரிடு மின்னழுத்தம் உயரும்.

C_g மற்றும் R_g கிரிடுக்குத் தேவையான பயசை அளிக்கின்றன. மின்தேக்கி C_b, மாறுதிசை மின்னோட்டம் E_{bb} வழியாகப் பாயாமல் தடுத்துக் குறுக்குப் பாதையைத் தருகிறது

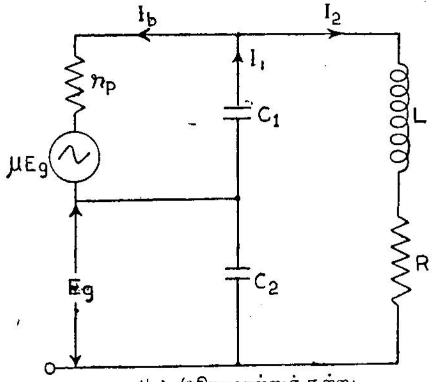
குழாய் பெருக்கியாகப் பயன்படுவதால் அதன் உள்ளீட்டிற்கும், வெளியீட்டிற்கும் 180° பிறை வேறுபாடு உண்டு. எனவே, L-C சுற்றில் 180° மட்டுமே பிறைமாற்றம் நிகழ்தல் வேண்டும். கேத்தோடானது L-ன் இடைப்புள்ளியில் இணைக்கப்படுவதால் அதனைப் பொறுத்துக் கிரிடும், ஆனோடும் எதிரான பிறைகளில் உள்ளன. எனவே, 'ஆட்டோ டிரான்ஸ்பார்மர்' 180° பிறைமாற்றம் தருகிறது. ஆதலால் ஆக்கப் பின்னூட்டம் கிடைக்கிறது.

செவியுணர் அதிர்வெண்கள் (Audio frequency), மற்றும் நடுத்தர அதிர்வெண்களிலும் (Medium high frequency) ஹார்ட்லி அலையியற்றி மிகவும் பரவலாகப் பயன்படுகிறது.

(இ) கோல்பிட் அலையியற்றி Colpitt's oscillator) : கோல்பிட் அலையியற்றியும் ஹார்ட்லி அலையியற்றியைப் போலவே செயல் படுகிறது. ஆனால் கேத்தோடு தொட்டிச்சுற்றுடன் இணையும்



(a) அலையியற்றி



(b). இணைமாற்றுச் சுற்று

படம் 12.6
கோல்பிட் அலையியற்றி

பகுபுள்ளி (மின்நிலைமச் சுருளுக்குப் பதிலாக) மின்தேக்கியில் உள்ளது. கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தம் மின்தேக்கி C_g-ஆல் சீரமைக்கப்படுகிறது. கிரிடு சுற்றுக்கும், ஆனோடு சுற்றுக்கும் பொதுவாகத் தொட்டிச்சுற்று உள்ளது; தொட்டிச் சுற்றில் தோன்றும் மின்னழுத்தம் C_1, C_2 அடங்கிய மின்னழுத்தப்

பகுப்பானால் பகுக்கப்பட்டுத் தகுந்த அளவில் கிரிடுக்குப் பின்னூட்டப்படுகிறது. ஆனோடுக்குச் செலுத்தப்படும் $d.c$ மின்னழுத்தம் தொட்டிச்சுற்றுக்குச் செல்லாமல் C_b தடுக்கிறது; மாறுதிசை மின்னழுத்தம் மின்மூலம் E_{bb}-யிக்குச் செல்லாமல் RF சோக் (RFC) தடுக்கிறது. கிரிடு-கசிவு பயசு பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஆனால் கிரிடு-கசிவு மின்தடை R_g கிரிடுக்கும் கேத்தோடுக்கும் இடையே இணைக்கப்படுகிறது. இதனால் கிரிடு மின்னோட்டத்திற்கான பாதை முற்றுப்பெறுகிறது; C_g-யிக்குப் இணைப்பாக R_g இருந்தால் கிரிடு மின்னோட்டம் கேத்தோடுக்கு வந்துசேரப் பாதை இல்லை.

தொட்டிச் சுற்றிலுள்ள C_1 மற்றும் C_2 மின்தேக்கிகள் $a.c$ மின்னழுத்தப் பகுப்பானாகப் பயன்படுகின்றன. C_1, C_2-க்கு இடையே உள்ள பகுபுள்ளி, தகுந்த அளவு பின்னோட்டத்தைத் தக்க பிறையில் தருகிறது. கேத்தோடுடன் இணை பகுபுள்ளியைப் பொறுத்து, C_2 ன் கீழ்த்தட்டு 'நேர்' ஆகும்பொழுது, ஆனோடுடன் இணைந்த C_1-ன் மேல்தட்டு 'எதிர்' ஆகிறது. இதனால் தக்க பிறையில் பின்னூட்டம் நிகழ்கிறது.

அலைவுகளின் அதிர்வெண்,

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{C_1+C_2}{C_1C_2}\right)}\sqrt{1+\left(\frac{C_9}{C_1+C_2}\right)\frac{R}{r_p}} \quad \ldots \quad (12,13)$$

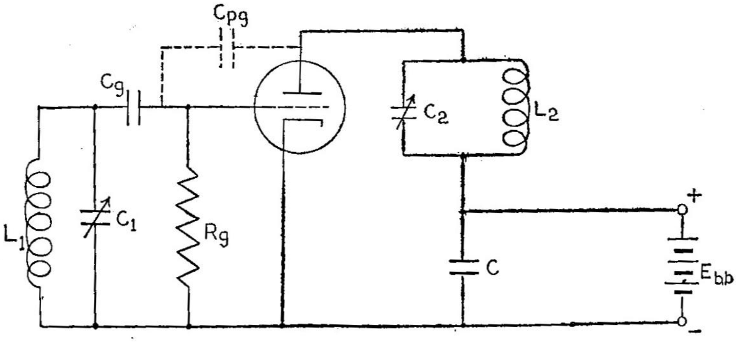
ஆகும். (R = சுருளின் மின்தடை).

செவியுணர் அதிர்வெண் சரகத்தின் உயர்மட்டத்தில் அலையியற்றியாகக் கோல்பிட் சுற்றில் பரவலாகப் பயன்படுகிறது

(ஈ) **இயைவுறு ஆனோடு – இயைவுறு கிரிடு அலையியற்றி (Tuned anode - Tuned grid oscillator) :** ஆனோடு சுற்று மற்றும் கிரிடு சுற்று இரண்டிலும் ஒவ்வோர் இயைவுறு L-C சுற்றுகள் (தொட்டிச் சுற்றுகள்) உள்ளன. தேவைக்குச் சிறிதே உயர்வான அதிர்வெண்ணிற்கு இரண்டு L-C சுற்றுகளும் இயைவு செய்யப்படல் வேண்டும். அப்பொழுதுதான் ஆக்கப் பின்னூட்டம் ஏற்படும். ஆனோடுக்கும், கிரிடுக்கும் இடையேயுள்ள மின்தேக்கு திறன் (Inter electrode capacitance தேவையான பின்னூட்டத்தை ஏற்படுத்தும்.

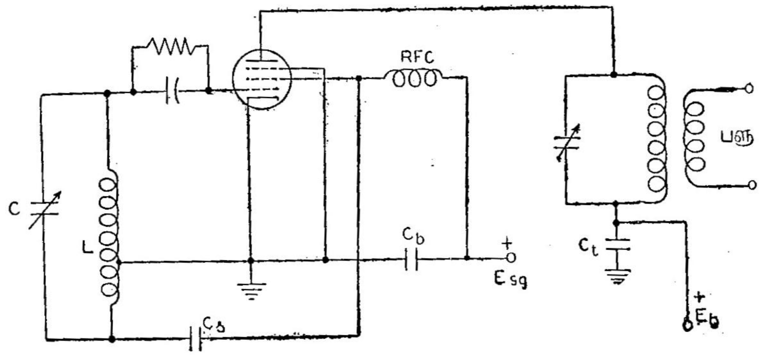
(உ) **எலெக்ட்ரான் பிணைப்பு அலையியற்றி (Electron - coupled oscillator) :** படம் (12,8) ல் காண்பது எலெக்ட்ரான் பிணைப்பு அலையியற்றியாகும். அலையியற்றியுடன் பளு இணைக்கப்பட்டால், அதன் அதிர்வெண்ணில் மாற்றங்கள் ஏற்படும். அதனால் அதிர்வெண் நிலைப்பாடு குறைகிறதன்றோ? இந்தக் குறைபாட்டைத் தவிர்க்க

எலெக்ட்ரான் பிணைப்பு அலையியற்றிகள் பயன்படுகின்றன. படம் (12.8)-ல் ஒரு பென்ட்டோடு, அலையியற்றியாகவும், பெருக்கியாகவும் வேலை செய்கிறது. அதன் கேத்தோடு, கிரிடு-1 மற்றும்



படம் 12.7

T.A.T.G. அலையியற்றி



படம் 12.8

எலெக்ட்ரான் பிணைப்பு அலையியற்றி

ஸ்கிரீன் மூன்றும் ஒரு டிரயோடு அலையியற்றியாக வேலை செய்கின்றன. ஆனோடு சுற்றில் பளு (*L-C* சுற்று) இணைக்கப்படுகிறது. பளுவை அலையியற்றியுடன் பிணைத்தால், தானே முன்னதில் மாறுதிசை மின்னோட்ட அலைவுகள் நிகழும். இந்தப் பிணைப்பை ஸ்கிரீனுக்கும், ஆனோடுக்கும் இடையே பாயும் எலெக்ட்ரான்கள் ஏற்படுத்துகின்றன.

ஸ்கிரீன் 'நேர்' மின்னழுத்தம் கொண்டது. எனவே, எலெக்ட்ரான்கள் கேத்தோடிலிருந்து ஸ்கிரீனுக்குப் பாய்ந்து அலைவுகளைத்

தோற்றுவிக்கின்றன. அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணை L-C சுற்று நிர்ணயிக்கிறது. சில எலெக்ட்ரான்களே ஸ்கிரீனை அடைகின்றன. தொட்டிச் சுற்றில் அலைவுகளைத் தோற்றுவித்து நிலையாக்க இந்தச் சில எலெக்ட்ரான்களே போதும். மற்ற எலெக்ட்ரான்கள் ஆனோடு வழியாகப் பளுவிற்குப் பாய்கின்றன. ஸ்கிரீன் மின்னோட்டம் அலைவுகள் உடையதாதலால் ஆனோடுக்குப் பாயும் மின்னோட்டத்திலும் அலைவுகள் நிகழ்கின்றன. எனவே, ஆனோடு மின்னோட்டமானது அலையியற்றியின் அதிர்வெண்ணில் அலைப்பண்பு ஏற்கிறது. அஃதாவது ஸ்கிரீனும், ஆனோடும் ஒரு டிரயோடு பெருக்கியாகச் செயல்படுகின்றன. இப் பெருக்கியின் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடாக ஸ்கிரீன் செயல்படுகிறது. புவியிணைப்புள்ள சப்ரசரும், ஸ்கிரீனும் சேர்ந்து ஆனோடுக்கும், அலையியற்றிக்கும் உள்ள மின்தேக்கப் பிணைப்பை அறுக்கின்றன. படத்தில் காணும் ஹார்ட்லி அலையியற்றியில் ஸ்கிரீனிலிருந்து கிரிடுக்குப் பின்னூட்டம் மின்தேக்கி C_2 வழியே நிகழ்கிறது. ஸ்கிரீனுக்குத் தேவையான 'நேர்' மின்னழுத்தம் *RF* சோக் (*RFC*) மற்றும் C_s வழியாக பக்க ஊட்டமாகத் (Shunt feed) தரப்படுகிறது. மின்தேக்கி C_t ஆனோடு சுற்றில் உள்ள தொட்டிச் சுற்றுக்கு *RF* அதிர்வெண்களில் புவியிணைப்புத் தருகிறது; அஃதாவது *RF* மின்னோட்டம் மின்மூலம் E_{bb} வழியாகப் பாயாது.

12.7 படிகக் கட்டுப்பாட்டு அலையியற்றி (Crystal controlled oscillator)

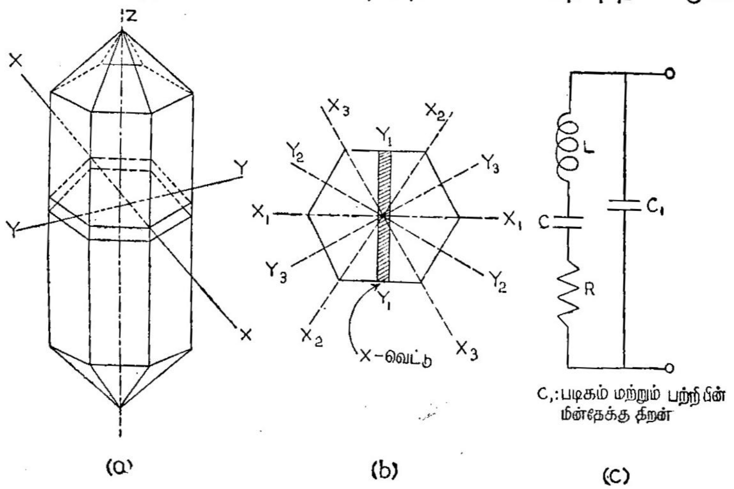
வெப்பம், அதிர்ச்சி மற்றும் மின்னியல் வேறுபாடுகளால் அலையியற்றியின் அதிர்வெண் மாறுபடும். இதனைத் தவிர்க்கப் பீசோ-மின்னியல் படிகங்கள் (Piezo electric crystals) பயன்படுகின்றன. அவற்றில் குவார்ட்சு (Quartz), ட்டூர்மலைன் (Tourmaline) மற்றும் ரோஷல் (Rochelle) படிகங்கள் முக்கியமானவை.

குவார்ட்சு படிகங்களின் இயற்கையான வடிவமைப்புப் படம் (12.9)-ல் காண்கிறது. கூம்பு முனைகளுடன் கூடிய ஆறு பக்க பட்டகம் அது. கூர் முனைகளை இணைக்கும் அச்சு *Z* அல்லது ஒளியியல் அச்சு ஆகும். படிகத்தின் *Z* அச்சுக்கு நேர்க்குத்தான பாளத்தின் வெட்டுமுகம் ஆறு பக்கங்களைக் கொண்டது. இதன் விட்ட எதிர்முனைகளை (Diametrically opposite) இணைக்கும் மூன்று நேர்க்கோடுகளும் (X_1, X_2, X_3) *X* அச்சுகள் ஆகும். பாளத்தின் எதிர்ப்பக்கங்களின் மையங்களை இணைக்கும் மூன்று நேர்க்கோடுகளும் ($Y_1, Y_2 Y_3$) *Y* அச்சுகள் ஆகும்

X அச்சுகளை மின்னியல் அச்சுகள் என்றும், *Y* அச்சுகளை இயந்திரவியல் அச்சுகள் என்றும் அழைப்பது பழக்கம். *X* அச்சுக்கு நேர்க்குத்தான முகங்களை உடைய பட்டையை **X-வெட்டுப் படிகம் (*X*-cut crystal)** என்பார். இது போன்றே *Y*

வெட்டுப்படிகத்தின் முகங்கள் Y அச்சுக்கு நேர்க்குத்தானவை.

X-வெட்டுப் படிகத்தின் Y அச்சு முனைகளிடையே ஓர் இயந்திர வியல் தகைவு (Mechanical stress) ஏற்பட்டால் படிகத்தின் முகங்



படம் 12·9

(a) அமைப்பு (b) X-வெட்டு (c) மின்னியல் இணைமாற்று

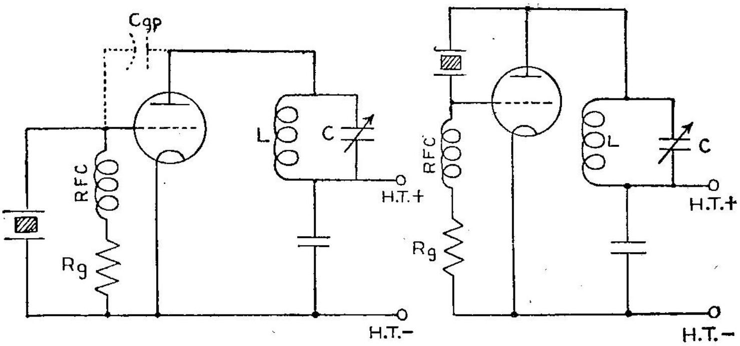
குவார்ட்சுப் படிகத்தின் அமைப்பும், வெட்டும்

களிடையே அஃதாவது X அச்சு முனைகளிடையே ஒரு மின் னழுத்த வேறுபாடு தோன்றுகிறது. தகைவின் திசை மாறுமானால் (இறுக்கும் தகைவு நீட்சித்தகைவாக மாறுமானால்) மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் முனையும் மாறுகிறது.

இதற்கு மாறாக, X முனைகளிடையே மின்னழுத்த வேறு பாட்டை ஏற்படுத்தினால் Y திசையில் திரிபு ஏற்படும். நீட்சித் திரிபா, இறுக்கத்திரிபா என்பது மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் முனைவைப் பொறுத்தது. இந்த நிகழ்ச்சிகள் பீசோ-மின்னியல் விளைவுகள் எனப்படும். படிகத்தின் முகங்களிடையே அஃதாவது X அச்சு முனைகளிடையே $a.c$ மின்னழுத்தம் செலுத்தினால் Y அச்சுத் திசையில் இறுக்கமும், நீட்சியும் மாறி மாறித் தோன்றுகின்றன. செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணானது படிகத்தின் (இயந்திரவியல்) இயல்பு அதிர்வெண்ணுக்கு அருகாமையானால் படிகம் அதிர்கிறது. அதன் அதிர்வுகளின் வீச்சும் உச்சமாகிறது. இந்தச் சூழ் நிலையில் படிகமானது இயைவுறு தொடர் LCR சுற்றுக்கு இணைமாற்றாகும். படிகத்தைப் பிடித்திருக்கும் பற்றியின் Holder) மின்தேக்கு திறன் இந்த LCR சுற்றுடன் பக்க இணைப் புடையதெனலாம் [படம் 12.9(c)].

படிகத்தின் நிறைக்கு மின்னியல் இணைமாற்றுக (Electrical equivalent) மின் நிலைமம் ஆகும். L-ன் மதிப்பு ஏறத் தாழ $100H$ ஆகலாம். படிகத்தின் மீட்சிப் பண்புக்கு (Elasticity) மின் தேக்கி C இணைமாற்றுகும். C-யின் மதிப்பு மிகக் குறைவு $= 0{\cdot}1\ PF$ ஆகலாம். படிகத்தின் உராய்வுக்கு (Friction) மின்தடை R இணைமாற்றுகும். R-ன் மதிப்பு 1000 முதல் $10{,}000$ ஓம்கள்வரை இருக்கும். எனவே, இயைவுச்சுற்று என்ற வகையில் ஒரு குவார்ட்சு படிகம் உயர்ந்த L-C மற்றும் $\frac{\omega L}{R}$ மதிப்புகள் உடையது.

படம் (12.10)-ல் காண்பது போல், மின்வாய்களிடையே பொருந்திய படிகம் ஓர் அலையியற்றியுடன் இணைக்கப்படுகிறது.



படம் 12.10

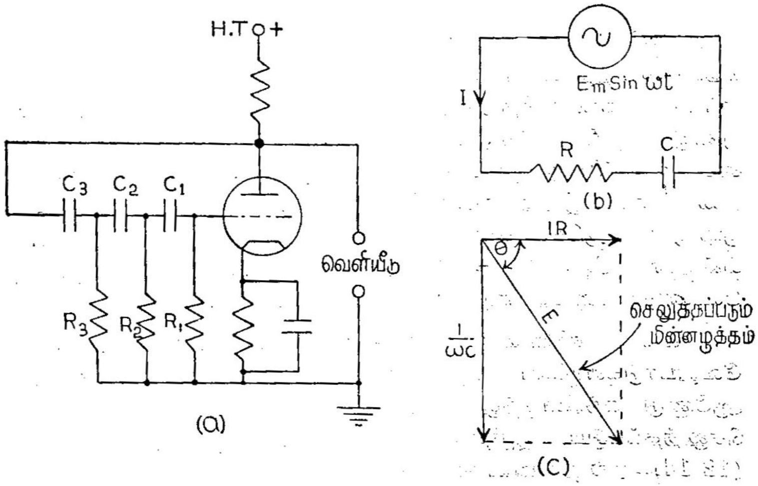
படிகக் கட்டுப்பாட்டு அலையியற்றி

இச்சுற்று ஒரு $T.A.T.G$ அலையியற்றி போன்று உள்ளது. ஆனோடுடன் இணைந்த LC தொட்டிச்சுற்றிலிருந்து வரும் பின்னூட்டம் படிகத்தில் ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பை நிறை செய்கிறது. படிகத்திற்கு இணைமாற்றுன LCR சுற்றுக்கும், குழாய்க்குமான பிணைப்பு மின்தேக்கி C_1 (படம் 12.9c காண்க) வழியாக உள்ளது .எனவே, பிணைப்பு விகிதம் C/C_1-ஐப் பொறுத்தது. இந்த விகிதமதிப்பு மிகவும் சிறியது. குறைந்த பிணைப்பும், படிகத்தின் உயர்ந்த 'Q' மதிப்பும் சேர்ந்து அதிர்வெண் நிலைப்பாட்டை உயர்த்துகின்றன. அத்துடன் குவார்ட்சுப் பட்டையின் பருமன் சிறியதாகவும், மாறுததாகவும் இருப்பதால் அதன் வெப்பநிலையைக் கட்டுப்படுத்துவதும் எளிது. வெப்பநிலைக் கட்டுப்பாட்டில் உள்ள படிகத்தைப் பயன்படுத்தி மில்லியனில் ஒரு பங்குக்குத் திருத்தமாக மாறிலியான

அதிர்வெண் பெற இயலும். அதிர்வெண் நிலைப்பாடு உடைய அலையியற்றிகள் பெரும்பாலும் படிகக் கட்டுப்பாடு உடையன வாகும். குவார்ட்சுப் படிகத்தை 7 மெகா சைக்கிள் வரையிலும், அதற்குமேல் 20 மெகா சைக்கிள் வரையிலும் டூர்மலைன் படிகத்தையும் பயன்படுத்தலாம்.

12.8 மின்தடை-மின்தேக்க அலையியற்றி (Resistance - Capacity oscillator)

குழாயில் அலைவுகளை ஏற்படுத்த வெளியீட்டிலிருந்து ஒரு பகுதியை 180° பிறைமாற்றம் செய்து உள்ளீடாக்கல் வேண்டும். இதனால் ஆனோடில் மின்னழுத்தம் குறைந்தால் கிரிடு மின்னழுத்தம் உயரும். *R-C* சுற்றுகளால் 180° பிறைமாற்றத்தை ஏற்படுத்திப் பிறைமாற்று அலையியற்றி (Phase-shift oscillator or *R-C* oscillator) அமைக்கப்படுகிறது. இதன் வெளியீட்டில் குலைவிலா அலைவடிவமும், செவியுணர்வில் அதிர்வெண் நிலைப்பாடும் உண்டு.



படம் 12.11
பிறை-மாற்று அலையியற்றி

படம் 12.11(*b*)-யில் காண்பதுபோல், மின்தடை-மின்தேக்கித் தொடரின் முனைகளிடையே செலுத்தப்படும் மாறுதிசை *EMF*-ஐ $E_m Sin\omega t$ என்க. *R*-ன் முனைகளிடை மின்னழுத்தமும், அதனில் மின்னோட்டமும் ஒத்த பிறையின. ஆனால் *C*-யில் மின்னோட்டமானது அதன் மின்னழுத்தத்தைவிட 90° முற்போக்கானது. எனவே, மின்னழுத்தம் *IR*, மின்னழுத்தம் $\frac{I}{\omega C}$- யைவிட

90° முற்போக்கானது. படம் 12.11 (*c*)-யில் காண்பது போல *R*-ன் முனைகளிடையே உள்ள மின்னழுத்தமானது செலுத்தப் படும் மின்னழுத்தத்தைவிடக் கோணம் θ முற்போக்கானது.

$$\tan\theta = \frac{\frac{1}{\omega C}}{\sqrt{(R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}$$

$$\theta = 60^\circ \text{ ஆனால், } \tan\theta = \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\frac{1}{\omega C}}{\sqrt{\left(R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}\right)}}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{1+\omega^2 C^2 R^2} = \frac{3}{4}$$

அல்லது $3\omega^2 C^2 R^2 + 3 = 4.$

$$\omega^2 C^2 = \frac{1}{3R^2}, \text{ மற்றும் } \omega C = \frac{1}{\sqrt{3}R} \quad \ldots \quad 12.14$$

$$\text{அல்லது } \omega = \frac{1}{\sqrt{3}RC} \quad \ldots \quad 12.14\,(a)$$

சமன்பாடு (12.14) நிறைவேறும் வகையில் C, R மதிப்புகள் தேர்ந்தெடுத்தால், R-ல் தோன்றும் மின்னழுத்தமானது செலுத் தப்படும் மின்னழுத்தத்தைவிட 60° முற்போக்காகும். இதுபோல மூன்று C, R கூட்டுகளைத் தொடராக இணைத்தால் ஒவ்வொரு கூட்டிலும் 60° ஆக, மொத்தம் 180° முற்போக்கான மின்னழுத்தம் கிடைக்கும். இந்த வகையில் $C_1 - R_1$, $C_2 - R_2$, $C_3 - R_3$ என மூன்றும் ஆனோடுக்கும் கிரிடுக்கும் இடையே இணைக்கப்படு கின்றன. $C_1 = C_2 = C_3$ மற்றும் $R_1 = R_2 = R_3$ என்றிருத்தல் வேண்டும் என்பது எளிதில் ஊகித்தறியப்படுகிறது.

'ஷாட்' விளைவின் காரணமாகவோ, H.T மின்மூலத்தில் வேறுபாடுகளாலோ தோன்றும் அலைவுகள் பெருக்கப்பட்டு ஆனோடு சுற்றிலிருந்து C-R கூட்டுகள் வழியாகக் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படும். இந்த அலையியற்றியின் அதிர்வெண் சமன்பாடு (12 14)-ஆல் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

13. அலைப் பண்பேற்றமும் பரப்பிகளும்

(Modulation and Transmission)

ரேடியோ அதிர்வெண்களில் அலைவுகளை உண்டாக்கி அவற்றின் ஆற்றலை வெளியில் (Space) ரேடியோ அலைகளாகப் பரப்புதல் பரப்பிகளின் செயலாகும். பாடம் 12-ல் சொல்லப்பட்ட அலையியற்றும் சுற்றுகளில் எதையும் ரேடியோ அதிர்வெண் மின்னோட்டத்தை உண்டாக்கப் பயன்படுத்தலாம். இந்த மின்னோட்டத்தை ஊர்தி அலை (Carrier wave) என்கிறோம். இந்த *R-F* மின்னோட்டத்தில் எந்தச் சைகையும், அஃதாவது செய்தியும் இல்லாததால் பரப்பப் படவேண்டிய செய்தியோ, இசையோ அதனுடன் சேர்க்கப்படல் வேண்டும். சைகையை ஊர்தியுடன் சேர்க்கும் செய்முறையின் பெயர் அலைப் பண்பேற்றம் (Modulation) ஆகும்.

இயந்திரவியல் முறையிலோ, ஒலி அலைகளைக் கொண்டோ, ஒலிப் பிம்பங்களாலோ (Visual images) ஊர்தி அலைக்கு அலைப்பண்பேற்றலாம். இந்த மூன்று செயல்முறைகளும் முறையே ரேடியோ தந்தி (Radio telegraphy), ஒலிப்பரப்பு அல்லது ரேடியோ தொலைபேசி (Broadcast or radio telephony) மற்றும் டெலிவிஷனில் பயன்படுகின்றன.

அலைப்பண்பேறிய *R-F* அலைவுகளை வெகு தொலைவிற்குச் செலுத்த அன்டென்னு பயன்படுகிறது. பரப்ப வேண்டிய *R-F* ஆற்றலை அன்டென்னுவிற்கு ஊட்ட, அது ரேடியோ அலைவுகளை வெளியில் பரப்புகிறது. அன்டென்னு சுற்றில் பாயும் *R-F* மின்னோட்டம் அதனைச் சுற்றிலும் மின்புலத்தையும், காந்தப்புலத்தையும் மாறி மாறித் தோற்றுவிக்கிறது. *R-F* மின்னோட்டம் மாறு திசைப் பண்புடையது. ஆதலால் இரண்டு வகைப் புலங்களும் அன்டென்னுவிலிருந்து தொடர்ந்து தள்ளப்பட்டு வெளியில் ஆற்றல் பரப்பப்படுகிறது. எனவே, சாதாரணமான ஒரு பரப்பியில் மூன்று

அங்கங்கள் உள்ளன. அவையாவன: (1) ஊர்தி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும் அலையியற்றி, (2) வீசப்படும் ரேடியோ அலைகளுக்கு அலைப்பண்பேற்றும் சுற்று; (3) வெளியில் ஆற்றலைப் பரப்பும் அன்டென்னு. அன்டென்னுக்களைப் பற்றிப் பாடம் 14-ல் படிப்போம்.

13.1 ஊர்தி அலை ஏன் தேவைப்படுகிறது? (Need for a carrier wave)

செவியுணர் அதிர்வெண்களில் மின்னியல் அலைவுகளை அன்டென்னுவுக்கு ஊட்டினுல், அது வெளியில் அலைகளைப் பரப்பும் என்பது உண்மையே. ஆனுல் நடைமுறையில் கணிசமான தொலைவிற்கு அலைகளைப் பரப்பித் தேவைப்படும் ஆற்றலைத் தோற்றுவிப்பது இயலாத செயலாகும். குறிப்பிட்ட அளவு ஆற்றலை அன்டென்னுவுக்கு ஊட்ட, அது பரப்பும் ஆற்றல் ரேடியோ அலைகளின் அதிர்வெண்ணின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. எனவே, அதிர்வெண் உயர்வாக இருந்தால் பரப்பப்படும் ஆற்றலும் அதிகமாகி,அன்டென்னு சுற்றில் வீணுகும் ஆற்றல் குறையும். மற்றும் பல ரேடியோ நிலையங்களும் செவியுணர் அதிர்வெண்களிலேயே ஒலிபரப்பினுல் அவை ஒன்ருேடொன்று குறுக்கிடும், அதனுல் குழப்பம்தான் விளையும்.

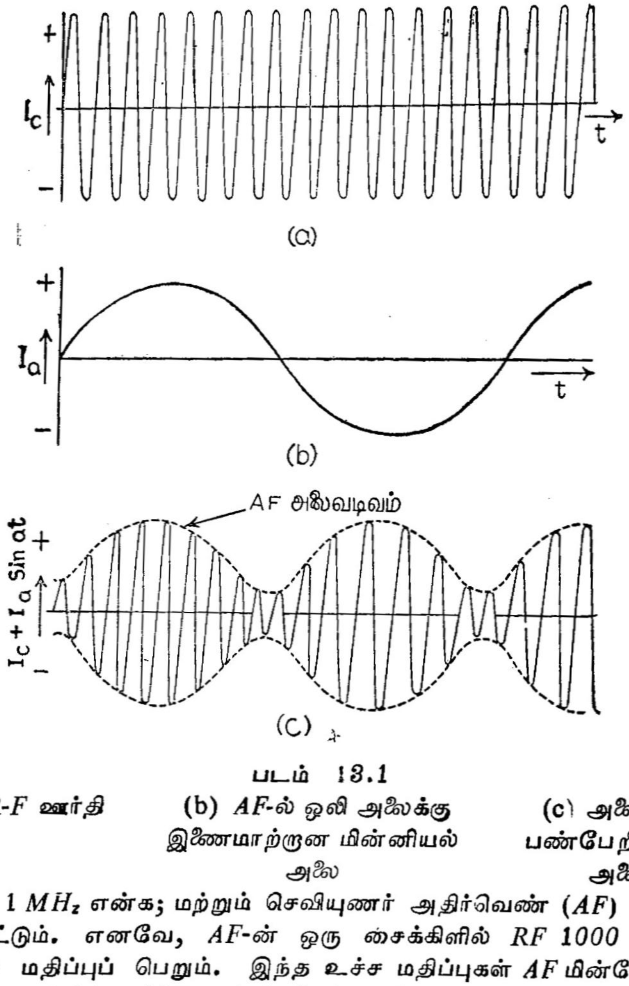
தவிரவும், ஒலிபரப்பு அன்டென்னுவின் நீளம், அது வீசும் அலைநீளத்தில் கால்பங்காவது இருந்தால்தான் அது திறமையுடன் செயல்படுகிறது. செவியுணர் அதிர்வெண் 10 கிலோ சைக்கிளில் அலை பரப்பத் தேவையான அன்டென்னுவின் உயரம் $\frac{1}{4}\left[\frac{3\times10^8}{10\times10^3}\right] = 7500$ மீட்டர்கள். ஆனுல் 1000 கிலோ சைக்கிளில் அலை பரப்பத் தேவையான உயரம் 75 மீட்டர்கள் தாம். எனவே, உயர் அதிர்வெண்களில் ஊர்தி அலைகளைப் பயன்படுத்தினுல் இந்தக் குறைகள் நீங்குகின்றன.

13.2 அலைப் பண்பேற்றம் (Modulation)

செவியுணர் அதிர்வெண் அலைகளை ரேடியோ அதிர்வெண் அலைகள் சுமக்குமாறு செய்வது அலைப்பண்பேற்றம் ஆகும். ரேடியோ அலைகளை ஓர் அலையியற்றி தோற்றுவிக்க, செவியுணர் அதிர்வெண் மின்னேட்டத்தை மைக்ரோஃபோன் அல்லது ஒரு AF பெருக்கி தருகிறது. பின்னதைக் கொண்டு முன்னதிற்கு அலைப் பண்பேற்றம் செய்தல் மூன்று வகையாகும். அவையாவன:
(அ) அலை வீச்சுப் பண்பேற்றம் (Amplitude modulation),
(ஆ) அலை அதிர்வெண் பண்பேற்றம் (Frequency modulation),
(இ) அலைப் பிறைப் பண்பேற்றம் (Phase modulation).

13.3 அலை வீச்சுப் பண்பேற்றம்

AF அலையின் வடிவிற்கு ஏற்ப *RF* ஊர்தி அலை வீச்சின் உச்ச மதிப்புகள் மாறுகின்றன. படம் (13.2)-ல் ஊர்தியின் அதிர்வெண்



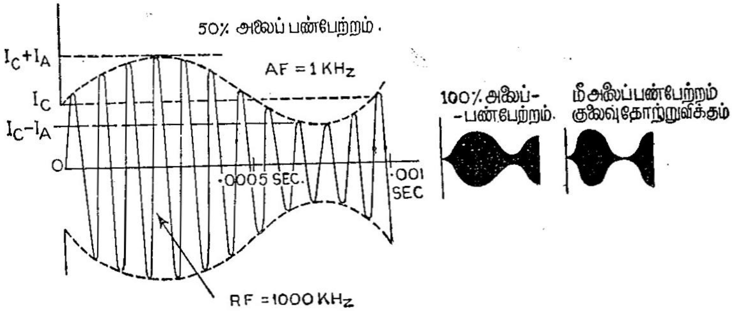
படம் 13.1

(a) *R-F* ஊர்தி (b) *AF*-ல் ஒலி அலைக்கு இணைமாற்றான மின்னியல் அலை (c) அலைப் பண்பேறிய *RF* அலை

(*RF*) 1 MH_z என்க; மற்றும் செவியுணர் அதிர்வெண் (*AF*) 1KH_z ஆகட்டும். எனவே, *AF*-ன் ஒரு ஸைக்கிளில் *RF* 1000 முறை உச்ச மதிப்புப் பெறும். இந்த உச்ச மதிப்புகள் *AF* மின்னோட்ட வரைபடத்தில் 1000 புள்ளிகளைக் குறிக்கின்றன. பண்பேற்றும் மின்னோட்டத்தின் வலிமையையும், ஊர்தி மின்னோட்டத்தின் வலிமையையும் பொறுத்துப் பண்பேற்றம் கூடுதலாகவோ குறைவாகவோ இருக்கும். I_c = ஊர்தியின் வீச்சு, I_a = *AF* வீச்சு எனில்,

$$I_a = I_{max} - I_c \qquad \dots (13.1)$$

இங்கு I_{max} = அலைப்பண்பேறிய ஊர்திவீச்சின் பெரும மதிப்பு. படம் (13.2)-ல் *AF* அலையானது *RF* அலைக்கு உறையிடுவது



படம் 13.2
அலைவீச்சுப் பண்பேறிய ஊர்தியில் மின்னோட்ட மதிப்புகள்
மற்றும் அலைப்பண்பேற்ற ஆழம்

போலிருக்கிறதன்றோ? இந்த உறையின் 'நேர்' அரைச் சைக்கிளில் *RF*-ன் வீச்சு I_c+I_a - யிலிருந்து I_c-I_a வரை வேறு படுகிறது. இதுபோன்றே 'எதிர்' அரைச் சைக்கிளிலும் நிகழ்கிறது.

$$\text{அலைப்பண்பேற்ற ஆழம்} = \frac{I_a}{I_c}$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{அலைப்பண்பேற்றச்}\\ \text{சதவிகிதம் (\% Modulation)}\end{array}\right\} = \frac{I_a}{I_c} \times 100\%$$

படம் 13.2-ல் அலைப்பண்பேற்றச் சதவிகிதம் 50%, 100%-க்கான அலைவடிவங்கள் காணப்படுகின்றன.

13.4 பக்கப் பட்டைகள் (Side bands)

ஒரே ஒரு *AF* அதிர்வெண் மட்டும் உள்ளபொழுது அலைப்பண் பேறிய *RF* ஊர்திக்கான மின்னோட்டத்தை,

$$i = (I_c + I_a \operatorname{Sin} at) \operatorname{Sin} \omega t \qquad \dots (13.2)$$

என்று எழுதலாம். இங்கு i = அன்டென்னுவில் மின்னோட்டம்; a = செவியுணர் துடிப்பெண் (Pulsatance), ω = ரேடியோ துடிப் பெண். செவியுணர்அலை சைன் வடிவமுள்ளது; இது $I_a \operatorname{Sin} at$ ஆகும். எந்தக் கணத்திலும் இந்த மதிப்பு ரேடியோ அலை வீச்சுடன் கூட்டப்படுவதால், பண்பேறிய அலையின் வீச்சு $I_c + I_a \operatorname{Sin} at$ ஆகிறது. ஆகவே, ரேடியோ மின்னோட்டத்தின் கணமதிப்பு i-ஐச் சமன்பாடு (13.2) தரும். (13.2)-ஐ விரித்தெழுத

$$= I_c \operatorname{Sin} \omega t + I_a \operatorname{Sin} at \operatorname{Sin} \omega t \qquad \dots (13.3)$$

$$= I_c \operatorname{Sin} \omega t + \frac{1}{2} I_a \operatorname{Cos} (\omega - a)t$$

$$- \frac{1}{2} I_a \operatorname{Cos} (\omega + a)t \qquad \dots (13.4)$$

அலைப்பண்பேற்றத்தின் பலனாக, ரேடியோ மின்னோட்டத்தில் மூன்று கூறுகள் உள்ளன என்பதைச் சமன்பாடு (13.4) தெரிவிக்கிறது. அவையாவன :

(அ) $I_c \sin \omega t$: மூலவூர்தியின் அதிர்வெண்ணிலும் அதன் வீச்சிலும் உள்ள மின்னோட்டம்.

(ஆ) $\frac{1}{2} I_a \cos (\omega - a)t$: மூலவூர்தியின் அதிர்வெண்ணுக்கும், செவியுணர் அதிர்வெண்ணுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டு ரேடியோ அதிர்வெண்ணிலும், மூலச் செவியுணர் அலையின் பாதி வீச்சிலும் உள்ள மின்னோட்டம்.

(இ) $\frac{1}{2} I_a \cos (\omega + a)t$: மூலவூர்தியின் அதிர்வெண், செவியுணர் அதிர்வெண் இவற்றின் கூட்டுத்தொகைக்குச் சமமான ரேடியோ அதிர்வெண்ணிலும், மூலச் செவியுணர் அலையின் பாதி வீச்சிலுமான மின்னோட்டம்.

கூறு (ஆ) கீழ்ப்பக்க அதிர்வெண் (Lower side frequency), கூறு (இ) மேல்பக்க அதிர்வெண் (Upper side frequency) எனப் படுகின்றன.

நடைமுறையில், 50 முதல் 10,000 ஹெர்ட்சியன்கள் வரையான செவியுணர் மின்னோட்டங்களை மைக்ரோஃபோன் தோற்றுவிக்கிறது. இவை பெருக்கப்பட்டபின் அலைப்பண்பேற்றத்தைச் செய்கின்றன. அலைப் பரப்பில் செவியுணர் துடிப் பெண்கள் $a = 2\pi f_a$; இங்கு f_a = செவியுணர் அதிர்வெண் என்பது பேச்சு அல்லது இசையில் உள்ள 50 முதல் 10,000 ஹெர்ட்சியன்கள் வரையான அதிர்வெண்கள்தாம். இவையே மைக்ரோஃபோனால் மின்னியல் அதிர்வெண்களாக மாறிவிடுகின்றன. எனவே, கீழ்ப் பக்கத்தில் அல்லது மேல் பக்கத்தில் தனியான அதிர்வெண் மட்டும் இல்லை; இரண்டு பக்கங்களிலும் அதிர்வெண் வரிசைகள் உள்ளன. இவை கீழ்ப் பக்கப் பட்டை (Lower side band), மேல் பக்கப்பட்டை (Upper side band) எனப்படும்.

பரப்பியிலும் ஏற்பியிலும் செயல்படும் இயைவுறு சுற்றுகளில் மேற்சொன்ன பக்கப்பட்டையின் விளைவுகள் கவனிக்கப்படல் வேண்டும். இந்த இயைவுச் சுற்றுகள் ஏதாவதொரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணுக்கு மட்டும் இயைவு தந்தால் போதாது. அவை, ஊர்தி அதிர்வெண்ணை மையமாகக் கொண்டு $20 KH_z$ அகலமுள்ள பட்டைக்குச் சீரான உணர்வுடையனவாக வேண்டும். அப்பொழுதுதான் $\frac{\omega - a}{2\pi}$ - யிலிருந்து $\frac{\omega + a}{2\pi}$ வரையான அதிர்வெண்களை

அவை பரப்பவோ ஏற்கவோ இயலும். ஆகவே, இயைவுச் சுற்றுகள் அதிர்வெண் பட்டை செலுத்தும் (Band pass) வடிச்சுற்று களாக அமைதல் வேண்டும்.

13.5 பக்கப் பட்டைகளில் திறன் (Power in side bands)

ஊர்தியில் உள்ள திறன் ஊர்தி மின்னோட்டத்தின் இருமடிக்கு (I_c^2) நேர்விகிதத்திலுள்ளது. இதுபோலவே பக்கப் பட்டைகளில் உள்ள திறன்களும் அவ்வவற்றின் மின்னோட்ட இருமடிக்கு நேர் விகிதமாகும். சமன்பாடு (13.4)-லிருந்து பக்கப் பட்டைக்கான மின்னோட்டம் $\frac{I_a}{2}$ என்று தெரிகிறது. எனவெ, பக்கப் பட்டை களில் மொத்த ஆற்றல் $\frac{2I_a^2}{4} = \frac{I_a^2}{2}$-க்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. அலைப் பண்பேற்ற விகிதம் 100% எனில், $I_a = I_c$. ∴ ஊர்தியில் திறன் $= P = kI_c^2$; $k =$ மாறிலி. பக்கப் பட்டைகளில் திறன் $= S = \frac{kI_a^2}{2} = \frac{P}{2}$. எனவே, பக்கப் பட்டைகளில் திறன், ஊர்தியிலுள்ள திறனில் பாதிதான்; பரப்பப்படும் மொத்த ஆற்றலில் $\frac{1}{3}$ தான்; அலைப் பண்பேற்ற விகிதம் 50% எனில் $S = \frac{P}{8}$ என்று ஆகிறது.

13.6 அலைவீச்சுப் பண்பேற்றும் சுற்றுகள் (Amplitude modulation circuits)

RF அலையியற்றி நேராகவே அலைப் பண்பேற்றப்படுவதில்லை. சாதாரணமாகப் பரப்பியின் அமைப்பில், மாஸ்டர் அலையியற்றியும் (இதன் அதிர்வெண் நிலைப்பாடு அதிகம்), ஒரு *B* அல்லது *C*-வகைத் திறன் பெருக்கியும் உள்ளன. பெருக்கியின் வெளியீடு அன்டென்னாவுக்கு ஊட்டப்படுகிறது.

மைக்ரோஃபோன் மற்றும் *AF* பெருக்கியின் வெளியீட்டை

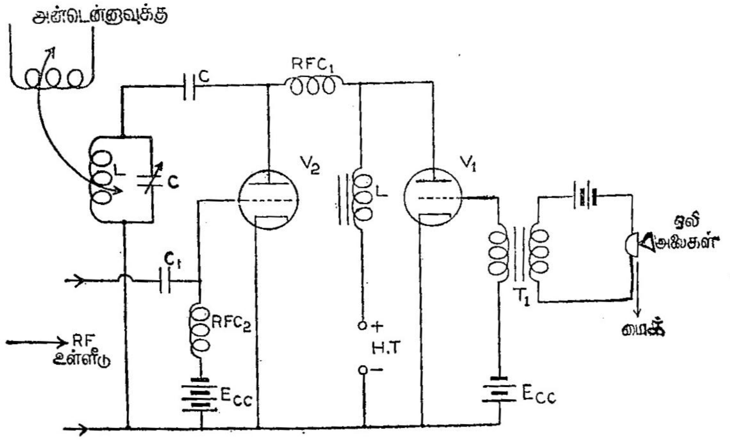
(அ) *C* வகைத் திறன் பெருக்கியின் ஆனோடில் செலுத்துதல் ஆனோடு அலைப் பண்பேற்றம் (Anode modulation)

(ஆ) *B* அல்லது *C* வகைத் திறன் பெருக்கியின் கிரிடில் செலுத் துதல் கிரிடு அலைப்பண்பேற்றம் (Grid modulation) ஆகும்.

இவற்றைத் தவிர வேறுசில முறைகளும் உண்டு.

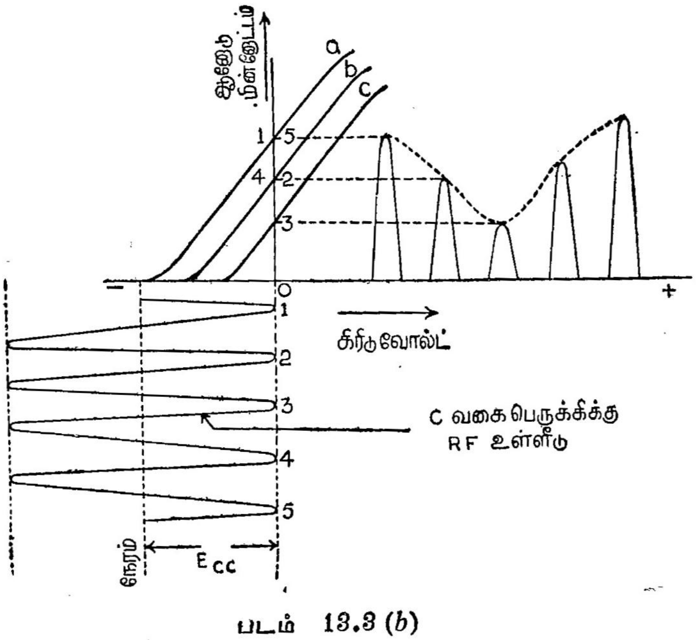
(அ) ஆனோடு **அலைப் பண்பேற்றம்:** இந்த முறையில் அலைப் பண்பேற்ற ஆழம் உயர்வாகும்; குலைவு குறைவாகும். ஆனால் மைக்ரோஃபோனுடன் இணைந்த பெருக்கி அதிக அளவு திறனை வெளியிடல் வேண்டும்.

படம் [13.3 (*a*)]-யில் மைக்ரோஃபோனின் வெளியீட்டை *A* வகைப் பெருக்கி பெருக்குகிறது. இந்தப் பெருக்கியை அலைப்பண் பேற்றும் குழாய் (Modulator tube) என்பர். எனவே, இந்தக்



படம் 13.3 (*a*)

ஆனோடு அலைப்பண்பேற்றி



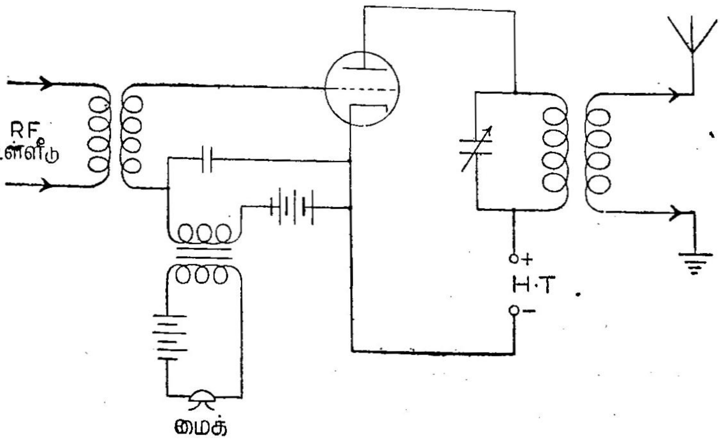
படம் 13.3 (*b*)

ஆனோடு அலைப்பண்பேற்றியின் செயல் விளக்கம்

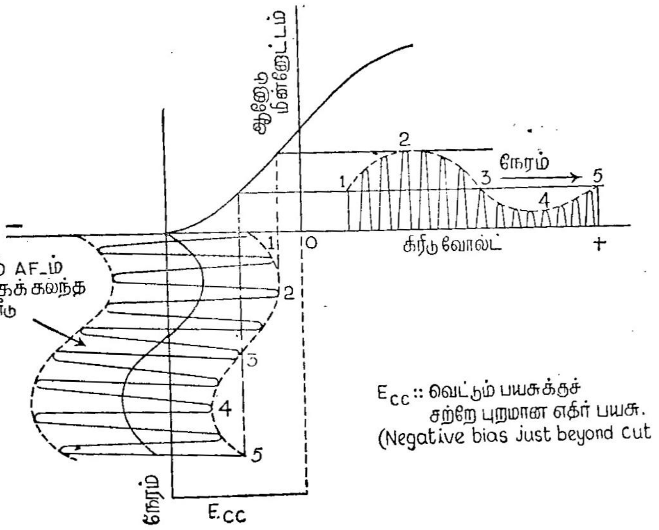
குழாயின் பளுவான இரும்பு-உள்ளகச் சோக்கின் முனைகளில் கணிசமான AF மின்னழுத்தம் தோன்றுகிறது. இந்தப் பளுவானது $H.T$ உடன் தொடராக உள்ளது. $H.T$ மின்மூலமோ அலைப்பண்பேற்றும் குழாய்க்கும், C வகைப் பெருக்கிக்கும் பொதுவானது. எனவே, அதே சமயத்தில் V_2-க்கு 'மாஸ்டர்' அலையியற்றியிலிருந்து, RF அலைவுகள் உள்ளீடாகின்றன. V_2-ன் ஆனோடு மின்னழுத்தம் மாறிக் கொண்டேயிருக்கும். அதற்கேற்ப V_2-ன் வெளியீடும் மாறுகிறது. இது C_2 வழியாகத் தொட்டிச் சுற்று L-C-யிக்குச் செலுத்தப்படுகிறது. தொட்டிச் சுற்றில் RF-ல் சைன் அலைவுகள் உள்ளன. இந்த RF அலைவுகளின் வீச்சு AF அலைவுகளைப் பொறுத்து மாறும்.

படம் 13.3(b) ஆனோடு அலைப்பண்பேற்று முறையை விளக்குகிறது. இதனில் பரிமாற்றுப் பண்பியல் கோடுகள் மூன்று வெவ்வேறு ஆனோடு மின்னழுத்தங்களுக்கு (E_b) வரையப்பட்டுள்ளன. AF அலைவுகள் இல்லாதபொழுது உள்ள ஆனோடு மின்னழுத்தத்திற்கான வெட்டு பயசைப் போல் இரண்டு மடங்கு கிரிடு-பயசு மின்னழுத்தம் உள்ளது. கிரிடு மின்னழுத்தம் E_g முதல் முறையாகச் (படத்தில் 1 எனக் காண்கிறது) சுழியாகும்பொழுது, ஆனோடு மின்னழுத்தமும் E_b, 1 எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்கான மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. அடுத்து, E_g 2ஆவது முறையாகச் சுழியாகும்பொழுது E_b, 2 எனக் குறிப்பிட்ட மதிப்பை அடைகிறது. அதற்கான மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. அதுபோலவே, கிரிடு-மின்னழுத்தம் மாறிச் மாறிச் சம மதிப்புள்ள பொழுது, ஆனோடு மின்னழுத்தம் வெவ்வேறு மதிப்புப் பெறுவதால் ஆனோடு மின்னோட்டம் மாறிக்கொண்டே இருக்கிறது. இதனால் V_2-ன் வெளியீடு AF-ன் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து அலைப்பண் பேற்கிறது.

(ஆ) **கிரிடு அலைப்பண்பேற்றம் (Grid modulalion) :** ஆனோடின் பளுவாகத் தொட்டிச் சுற்று உள்ளது. இதன் இயைவு



(a) அலைப் பண்பேற்றும் சுற்று



(*b*) அதன் செயல் விளக்கம்

படம் 13.4

கிரிடு அலைப்பண்பேற்றம்

அதிர்வெண் *RF*-ன் ஊர்தியின் அதிர்வெண் ஆகும். மைக்ரோஃபோனிலிருந்து *AF*-ம், 'மாஸ்டர்' அலையியற்றிலிருந்து *RF*-ம் தொடராக *B* அல்லது *C* வகைப் பெருக்கிக்கு உள்ளீடாக்கப்படுகின்றன. எனவே, கிரிடு மின்னழுத்தத்தின் உச்சமதிப்பு *AF* அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து மாறுகிறது. இதனால் ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் உச்சமதிப்பும் *AF*-ஐப் பொறுத்து மாறுகிறது. இதனால் அன்டென்னாவில் *RF* மின்னோட்டத்தின் உச்சமதிப்பு *AF*-ஐப் பொறுத்து மாறுகிறது. எனவே, அலைப்பண்பேற்றம் நிகழ்கிறது.

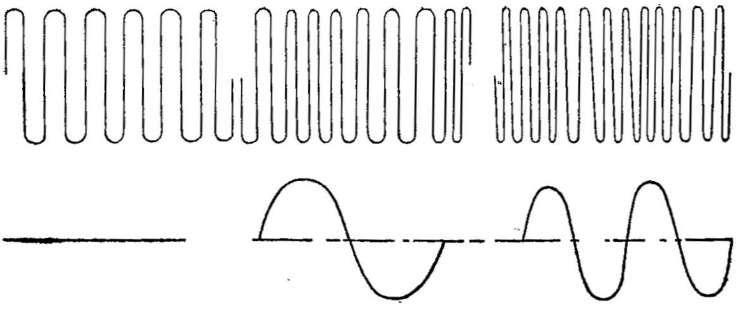
13.7 அலைப்பண்பேற்றத்தில் திறன் தேவைகள் (Power requirements in modulation)

அலைப்பண்பேற்றச் சதவிகிதம் 100% ஆனால், பக்கப் பட்டைகளில் தேவைப்படும் திறன் ஊர்திக்குத் தேவையானதைப் போல் 50% எனக் கண்டோம். அதிகப்படியான இத்தேவையை ஆனோடு அலைப்பண்பேற்றத்தில் அலைப்பண்பேற்றும் குழாய்தான் தரவேண்டியுள்ளது. இவ்வளவு அதிகமான திறனை அலைப்பண்பேற்றி (Modulator) தர இயலாது. ஆனால் *RF* பெருக்கிக் குழாய் அதிகத் தேவையை நிறைவேற்ற வல்லது. எனவே, கிரிடு அலைப் பண்பேற்ற முறையில் *C* வகை *RF* பெருக்கியே அலைப்பண்பேற்றும் வேலையையும் செய்கிறது.

13.8 அலை அதிர்வெண் பண்பேற்றம் (Frequency modulation)

இந்த முறையை எளிதில் புரிந்து கொள்ள ஓர் உதாரணத்தைக் காண்போம். ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் 1 MH_z என்க. இதற்கு அதிர்வெண் பண்பேற்றும் மின்னோட்டத்தின் வீச்சு I_a; மற்றும் அதன் அதிர்வெண் $f_a = \frac{a}{2\pi}$ என்க. எனவே, ஊர்தியானது 1000 KH_z-ஐ மையமாகக் கொண்டு அதன் இரு மருங்கிலும் அதிர்வெண் மாற்றம் பெறுகிறது. சராசரி அதிர்வெண்ணிலிருந்து விலகலின் அளவு AF மின்னோட்டத்தின் வீச்சு I_a-யைப் பொறுத்து நிகழ்கிறது. ஆனால் ஒரு செகண்டில் எத்தனை முறை விலகல் நிகழ்கிறது என்பதைச் செவியுணர் அதிர்வெண் நிர்ணயிக்கிறது. இந்த நிகழ்வில் ஊர்தியின் வீச்சு மாறிலியாகவுள்ளது.

I_a-யைப் பொறுத்து ஏற்படும் அதிர்வெண் விலகல் xKH_z எனில் ஊர்தியின் அதிர்வெண் $(1000+x)$-லிருந்து $(1000-x)KH_z$ வரை மாறுகிறது; ஒரு செகண்டில் f_a தடவைகள் மாறுகிறது. I_a மாறாமல், f_a ஆனது $2f_a$ ஆனால், ஊர்தி அதிர்வெண்ணின் விலகல் $(1000+x)$-லிருந்து $(1000-x)KH_z$ வரை தான்; ஆனால் இந்த விலகல் ஒரு செகண்டில் $2f_a$ தடவைகள் நிகழும். f_a மாறாமல் I_a இரட்டித்தால், ஊர்தியின் அதிர்வெண் விலகல் $(1000+2x)$-லிருந்து $(1000-2x)$ KH_z வரை ஒரு செகண்டில் f_a தடவைகள் மாறும். எனவே, அதிர்வெண் விலகல் மதிப்பைத் தகுந்தவாறு தேர்ந்தெடுத்தால், மாறும் வீச்சுகளுடைய AF மின்னோட்டங்களை ஊர்திக்கு அலை அதிர்வெண் பண்பேற்றச் செய்யலாம்.



(a) (b) (c)

படம் 13.5

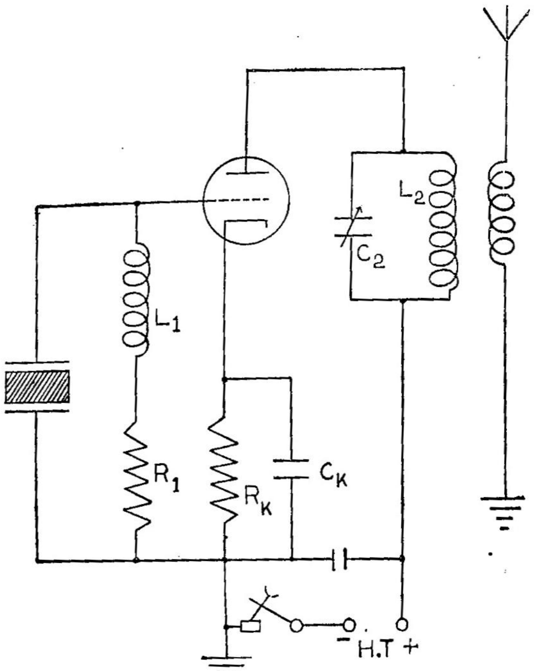
அலை அதிர்வெண் பண்பேற்றம்

குறுங் குற்றலைத் தொடரில் (Ultra short wave communication) அலை அதிர்வெண் பண்பேற்றம் மிகப்பயன் தருகிறது. இம்முறையில் பரப்பியின் திறன் தேவை குறைவு; ஆனால் பக்கப்பட்டை அகலம் அலை வீச்சுப் பண்பேற்ற முறையைவிட அதிகமாகத் தேவை.

விலகல் விகிதம் (Deviation ratio) : *FM* அமைப்புகளில் ஊர்தி அலையின் வீச்சு மாறிலியாதலால், எந்த அளவிற்குப் பண்பேற்றம் நிகழ்கிறது என்பதைக் காட்ட விலகல் விகிதம் பயன்படும். அதிர்வெண் விலகலின் பெருமத்திற்கும் (Maximum frequency deviation), பண்பேற்றும் செவியுணர் அதிர்வெண்களில் பெருமத்திற்கும் (Maximum modulating audio frequency) உள்ள விகிதம் விலகல் விகிதம் எனப்படும். 15 KH_z வரையிலான செவியுணர் சைகைகள் ஊர்தியின் அதிர்வெண்ணில் 75 KH_z வரை விலகல் ஏற்படுத்தினால் விலகல் விகிதம் 5 ஆகும்.

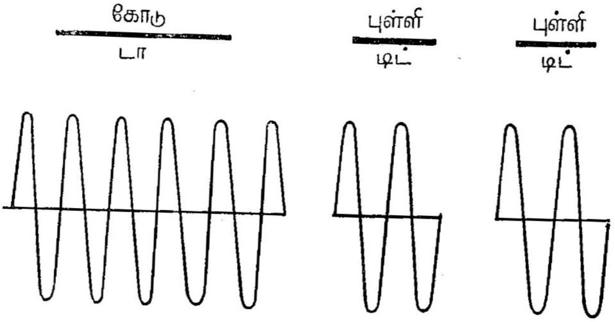
13.9 பரப்பிகள் (Transmitters)

ஓர் அலையியற்றியை நேராக அன்டென்னாவுடன் பிணைப்பதால் சாதாரணமான பரப்பி பெறப்படுகிறது. படம் (13.6) காண்க.



படம் 13.6
சாதாரணப் பரப்பி

இச் சாதாரணப் பரப்பியின் வெளியீட்டை மின்மூலம் உள்ள சுற்றில் இணைக்கப்பட்ட சாவியினுல் கட்டுப்படுத்தலாம். சாவி திறக்கப்பட்டால் அலையியற்றிக்குப் பாயும் மின்னேட்டம் தடைப் படும். எனவே, சாவி மூடியிருக்கும் பொழுதுதான் சுற்றில் அலைவுகள் நிகழும். தக்க முறையில் சாவியை மூடித் திறப்பதால் அலையியற்றியின் வெளியீட்டை அங்கீகரிக்கப்பட்ட சங்கேதங் களுக்கேற்ப மாற்றலாம். இம்முறையே ரேடியோ தந்தியில் பயன் படுகிறது. சாவி மூடப்பட்டால் அலையியற்றியின் வெளியீடு முழு வதும் அன்டென்னுவுக்குப் பாய்கிறது; சாவி திறக்கப்பட்டால், அன்டென்னுவுக்குப் பாய்வதில்லை. உதாரணமாகப் படம் 13.7-ல் எழுத்து '*D*'-யிக்கான சங்கேதம் (—..) ரேடியோ அலையாக மாறிய பின் எப்படித் தோன்றும் என்று காட்டப்பட்டுள்ளது.

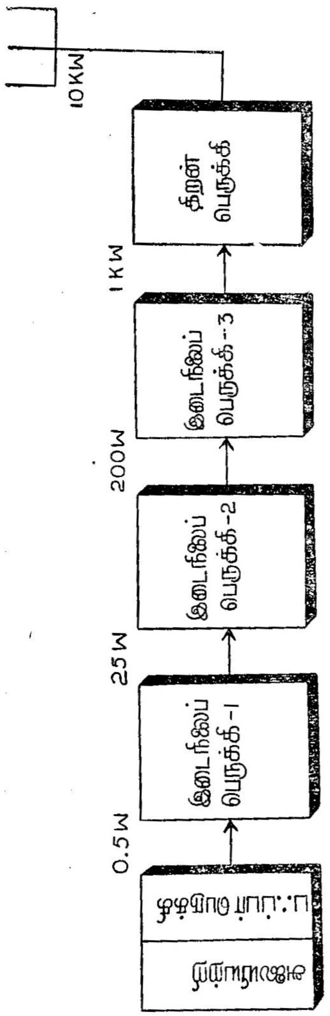


படம் 13.7

எழுத்து '*D*'-யிக்கான சங்கேதம்

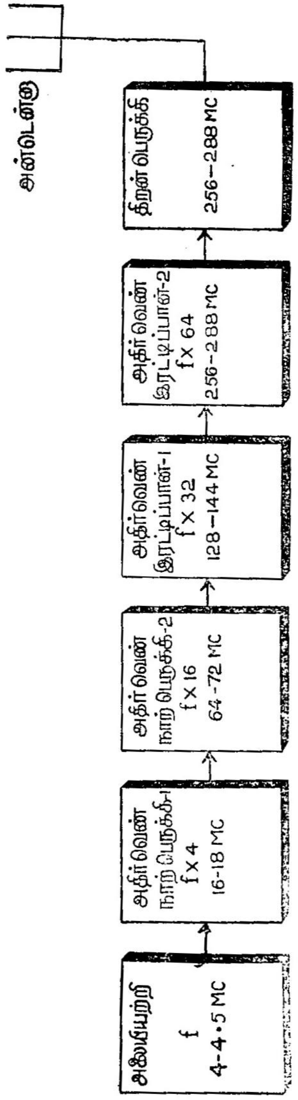
மாஸ்டர் அலையியற்றியும் திறன் பெருக்கியும்—மோபா (Master oscillator and power amplifier - the MOPA) :—நடைமுறையில் பரப்பிகளில் பல பெருக்குகள் அடுக்கப்பட்டுள்ளன. அத்துடன் உயர் அதிர்வெண் அலைப்பரப்புக்கு ஏற்ப அதிர்வெண்களைப் பெருக்கும் சுற்றுகளும் இணைக்கப்படுகின்றன. படிகக் கட்டுப் பாட்டு அலையியற்றிகள் அதிகமான ஆற்றலை வெளியிடுவதில்லை. அத்துடன் அவற்றிலிருந்து அதிக ஆற்றலைப் பெற முயன்ருல் அவற்றின் அதிர்வெண் நிலைப்பாடு கெடும். எனவே, படிக அலையியற்றியை அதிர்வெண் நிலைப்படுத்தும் கருவியாகப் பயன் படுத்தி அதன் வெளியீட்டை *RF* திறன் பெருக்கிகளுக்கு உள்ளீடு ஆக்கினுல் அதிக அளவு திறனும், நிலையான அதிர்வெண்ணும் பெறலாம். அலையியற்றியும் *RF* பெருக்கிகளும் சேர்ந்த கூட்டு **'மோபா' (Mopa)** எனப்படுகிறது.

அன்டென்னு சுற்றில் ஏற்படும் சில மாற்றங்கள் அலையியற்றியைப் பாதிக்காமல் 'மோபா' செயல்படுகின்றது. அன்டென்னுவுக்கும் புவிக்கும் இடையே உள்ள மின்தேக்கு திறனில் தோன்றும்



படம் 13.8

நடுத்தர அதிர்வெண் ரேடியோ பரப்பி



படம் 13.9

VHF பரப்பி

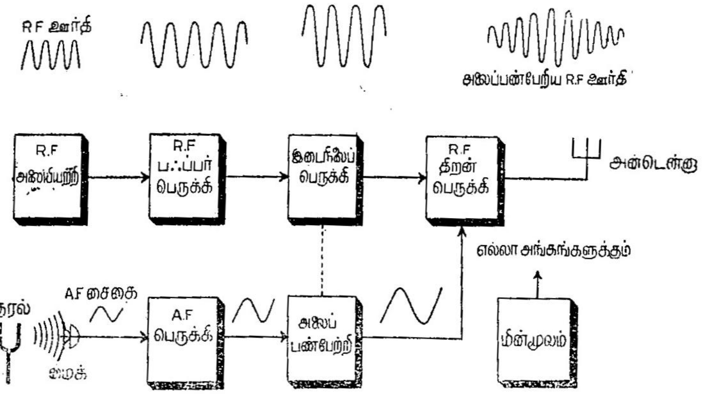
மாற்றங்கள் அன்டென்ஞவுடன் பிணைந்துள்ள RF பெருக்கியை மட்டுமே பாதிக்கும். வெளியிடப்படும் RF திறனைப் பெருக்குவதுடன், அன்டென்ஞ சுற்று அலையியற்றும் சுற்றினைப் பாதிக்காமல் தடுப்பதால் RF பெருக்கியைப் பஃப்பர் (Buffer) பெருக்கி என்கிறோம். பல RF பெருக்கிகள் அடுக்கப்பட்டிருந்தால் அலையியற்றிக்கு அடுத்த RF பெருக்கி மட்டுமே பஃப்பர் பெருக்கி எனப்படும். இந்தப் பஃப்பர் பெருக்கி சாதாரணமாக A வகையில் மின்னழுத்தப் பெருக்கம் மட்டுமே செய்யும். படம் (13.8)-ல் 10 கிலோவாட் பரப்பியின் செயல் விளக்கப்படம் காணப்படுகிறது. அன்டென்ஞவுக்கு ஊட்ட வேண்டிய திறனைப் பரப்பி பெறவேண்டுமாஞல் பல பெருக்கிகளைப் பயன்படுத்தல் வேண்டும். படத்தில் காண்பது நடுத்தர அதிர்வெண் (Medium frequency: $300\ KH_z - 3\ MH_z$) ரேடியோ அலைகளைப் பரப்ப வல்லது.

உயர் அதிர்வெண் ($3MH_z$—$30MH_z$) மற்றும் மீஉயர் அதிர்வெண்களில் ($30MH_z - 300MH_z$) அலை பரப்புவதற்கு அதிர்வெண் பெருக்கிகள் (Frequency multiplier) தேவை. இந்த அதிர்வெண்களில் அலைவுகளைக் கட்டுப்படுத்தத் தகுந்த படிகங்கள் கிடையா. எனவே, குறைவான அதிர்வெண்ணில் இயங்கும் அலையியற்றியைப் பயன்படுத்தி அதிர்வெண் பெருக்கம் செய்தல் சிறந்தது. அதிர்வெண் பெருக்கியின் வெளியீட்டுத் தொட்டிச் சுற்று, அதன் உள்ளீடு அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணின் மடங்குகளுக்கு இயைவு செய்யப்பட்டால் அதிர்வெண் பெருக்கம் ஏற்படும். அதிர்வெண் பெருக்கியானது ஓரளவிற்குத் திறன் பெருக்கமும் செய்யும். எனவே, தேவையான அதிர்வெண் பெருக்கம் ஏற்பட்டவுடன் ஒன்றிரண்டு RF திறன் பெருக்கிகளைப் பயன்படுத்தித் திறன் பெருக்கம் பெறலாம். படம் (13.9)-ல் காணப்படுவது அதிர்வெண் பெருக்கிகளடங்கிய ஒரு VHF பரப்பியாம். இதனில் அலையியற்றியின் அதிர்வெண்ணை 4 முதல் 4·5 மெகாஹெர்ட்சியன் வரை இயைவிக்கலாம். அதனை அடுத்துள்ள நான்கு அதிர்வெண் பெருக்கிகளும் $4 \times 4 \times 2 \times 2 = 64$ மடங்குகளாக்குகின்றன. இதஞல் பரப்பியின் அதிர்வெண்ணை 256 முதல் 288 மெகாஹெர்ட்சியன் வரை இயைவிக்கலாம். முடிவில் ஒரு RF திறன் பெருக்கி தேவையான அளவுக்குத் திறனைப் பெருக்கி அன்டென்ஞவிற்கு ஊட்டுகிறது.

13.10 அலைவீச்சுப் பண்பேறிய பரப்பிகள் (Amplitude modulated transmitters)

பேச்சு அல்லது இசையை ஒலி பரப்ப அதற்கேற்றவாறு ரேடியோ ஊர்தி அலைகளை அலைப்பண்பேற்றல் வேண்டும். அலைப் பண்பேற்றும் முறைகள் முன்னரே விளக்கப்பட்டன. ஒலி அலைகளை

மின்னியல் அலைகளாக்க மைக்ரோஃபோன் பயன்படுகிறது. மைக்ரோஃபோனின் வெளியீட்டை ஒரு *AF* பெருக்கி பெருக்குகிறது. இதன் வெளியீடு அலைப்பண்பேற்றி வழியாக இடைநிலைத் திறன் பெருக்கிக்கோ, இறுதி நிலைத்திறன் பெருக்கிக்கோ ஊட்டப்படுகிறது. படம் (13.10) காண்க. இசையானது மைக்ரோஃபோனில்



படம் 13.10

அலைவீச்சுப் பண்பேற்றியுடன் பரப்பியும் அலை வடிவங்களும்

மின்னியல் அலைகளாக மாற்றப்படுகின்றது. இவை *AF* பெருக்கியால் பெருக்கப்பட்டு அலைப்பண்பேற்றிற்குச் செல்கின்றன. அலைப்பண்பேற்றி ஒரு *AF* திறன் பெருக்கி என்றறிவோம். இதனில் ஊர்தி அலையின் திறனில் பாதி அளவிற்குத் திறன் பெருக்கம் நிகழ்கிறது. இத்திறன் இறுதிநிலை *RF* திறன் பெருக்கிக்கு ஊட்டப்படுகிறது. பரப்பியின் *RF* பகுதி முற்பகுதியில் சொல்லப்பட்டது போலவே அமைந்துள்ளதைக் கவனிக்க. பொதுவான ஒரு மின்மூலம் எல்லா அங்கங்களுக்கும் திறன் வினியோகிக்கிறது.

14. அன்டென்னுக்களும் அலை பரவுதலும்
(Antennas and Wave Propagation)

14.1 அன்டென்னுக்கள் (Antennas)

ரேடியோ அலைகளைப் பரப்ப அல்லது ஏற்கப் பயன்படுத்தப் படும் ஒரு கடத்தி அன்டென்னு ஆகும். அன்டென்னுக்களை ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கடத்திகளைக் கொண்டும் அமைக்கலாம். ஒலி பரப்பு நிலையங்களில் அன்டென்னுவானது ரேடியோ அலைகளைப் பரப்புவதற்குப் பயன்படுகிறது. ஏற்பு நிலையங்களில் அது ரேடியோ அலைகளை ஏற்கப் பயன்படுகிறது. இயைவுச் சுற்றின் பண்புகள் அன்டென்னுவுக்கும் உண்டு; ஆதலால் அது குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் ஒத்ததிரும். பரப்பிக்கும், வெளிக்கும் (Space) இடையே உள்ள பிணைப்பாகப் அன்டென்னு செயல்படு கிறது. எனவே, சைகை அதிர்வெண்ணுக்கு அன்டென்னு இயைவு செய்யப்பட்டால் அஃது ஆற்றலைத் திறமையுடன் வெளி யில் பரப்பும். இது போன்றே வெளிக்கும் ஏற்பிக்கும் இடையே யும் அன்டென்னு செயல்படுகிறது. ஓர் அன்டென்னு அலை பரப்பவோ, ஏற்கவோ பயன்பட்டாலும் அதன் அதிர்வெண், திசைப்பண்புகள் (Directional characteristics) மற்றும் திறமை ஆகியன இருவகைச் செயல்களுக்கும் ஒத்தனவே. ஒரு குறிப் பிட்ட அதிர்வெண்ணில் ஏற்கும் அன்டென்னுவாகவும் அதே திறமையுடன் பயன்படும். ஒரு பரப்பியானது இயன்ற அளவு பெருமமான ஆற்றலைப் பரப்ப வேண்டுமாயின் அதனுடன் சேர்ந்து செயல்படும் அன்டென்னு மிகக் கவனத்துடன் அமைக்கப்படல் வேண்டும். நவீன வானொலிப் பெட்டிகள் நுண்ணுணர்வு கொண் டனவாதலின், அவற்றுடன் சேர்ந்து செயல்படும் அன்டென்னுக் களின் அமைப்புக் கவனத்திற்குரியதன்று.

14.2 அன்டென்னுவின் தத்துவம் (Principle of the antenna)

எலெக்ட்ரான்களின் செயல்களில் இதுவரை நாம் கண்டவை யாவும் ஒரு கடத்தி, வெற்றிடக் குழாய் அல்லது மின்சுற்றின்

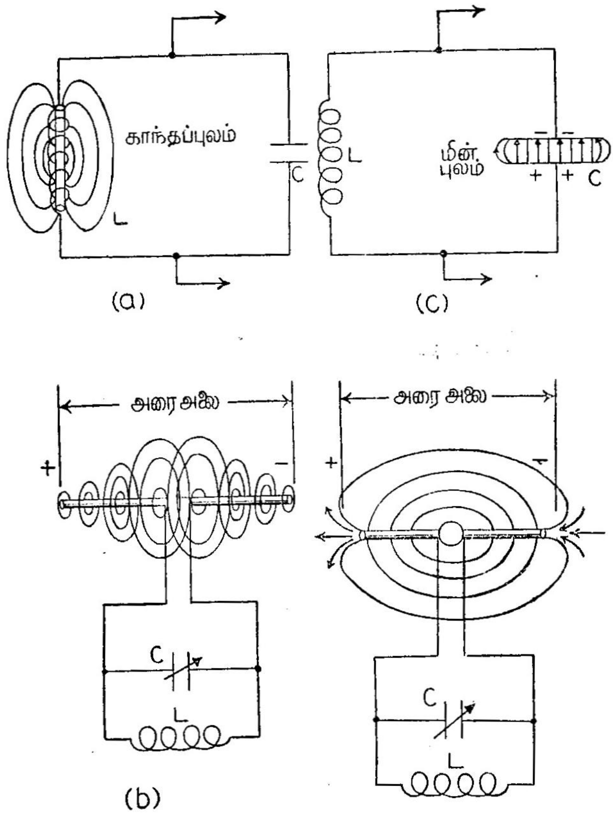
எல்லைக்குள் நிகழ்ந்தவைதாம். பரப்பியின் தொட்டிச்சுற்றில் உயர் அதிர்வெண்களில் அலைவுகளை ஏற்படுத்தும் எலெக்ட்ரான்கள் மின்காந்த அலைகளை அஃதாவது ரேடியோ அலைகளை வெளியில் எவ்வாறு பரப்புகின்றன? அவற்றிற்குப் புற உதவி யேதும் உண்டா எனில் இல்லையென்ற விடைதான் கிடைக்கும். பின் எப்படித்தான் அலைகள் பரவுகின்றன? மாக்ஸ்வெல்லின் (Maxwell) கொள்கை விளக்கம்தான் இதற்கு விடை ஆகும். முடுக்கப்படும் மின்னூட்டம் தன் ஆற்றலை மின்காந்த அலைகளாக வீசுகின்றது என்பதுதான் அவர் கண்ட உண்மை. மின்னூட்டம் பெற்ற கண்ணுடித்தண்டோ, மின்தேக்கியோ ஆற்றலை வீசாது. மின்னூட்டமானது முடுக்கப்படல் வேண்டும். அப்பொழுதுதான் ஆற்றல் வீச்சு நிகழும். தொட்டிச்சுற்றில் முடுக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் ஆற்றலை மின்காந்த அலைகளாக வீசுகின்றன. உண்மையில் உயர் அதிர்வெண் அலையியற்றியோ, பெருக்கியோ ஓரளவிற்கு ஆற்றலை வீசுகின்றது. ஆனுல் இந்த வீச்சு வலிமையுடையதன்று. திறன் பெருக்கிகளைப் பயன்படுத்திஞலும், வெளிக்கும் பரப்பிற்கும் இடையே மின்எதிர்ப்புப் பொருத்தம் (Impedance matching) இருத்தல் வேண்டும். அன்டென்னுவானது வெளியின் மின் எதிர்ப்பையும், பரப்பியின் மின்எதிர்ப்பையும் பொருத்துகிறது. அப்படியானுல் வெளிக்கு மின் எதிர்ப்பு உண்டா? உண்டு. குளத்தில் நமது கைகள் தோற்றுவிக்கக் கூடிய சிறு சிறு அலைகளின் வலிமைக்கும், ஒரு படகுத் துடுப்புத் தோற்றுவிக்கும் பெரும் அலைகளின் வலிமைக்கும் வேறுபாடு உண்டன்றே? படகுத் துடுப்புப் போன்றதுதான் அன்டென்னு.

தொட்டிச்சுற்றில் அலைவுகள் தோன்றும் முறையை நினைவுறுக. தொட்டிச்சுற்றில் உள்ள மின்தேக்கியின் ஒரு தட்டிலிருந்து மற்ருெரு தட்டிற்கு மின்நிலைமச் சுருள் வழியே எலெக்ட்ரான்கள் வேகமாக ஓடி, மின்தேக்கியில் மாறி மாறி, எதிரெதிர் முனைப்பண்பு தோன்றுமாறு மின்னூட்டமும் மின்னிறக்கமும் செய்கின்றன. ஒரு தட்டிலிருந்து மற்ருென்றிற்கு எலெக்ட்ரான்கள் விரையும்பொழுது, சுருளைச் சுற்றிலும் வலிமையான காந்தப்புலத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன. மின் தேக்கியில் மின்னூட்டம் நிறைவுறும்பொழுது, மின்னேட்டம் நின்று விடுகிறது. ஆனுல் தட்டுகளிடையே ஒரு மின்புலம் உள்ளது. இது போல மாறி மாறி மின்னூட்டமும் மின்னிறக்கமும் எலெக்ட்ரான்களை முடுக்கி விடுகின்றன. அஃதாவது அலைவுகள் கொண்ட மின்னேட்டம் நிகழ்கிறது. இது நிகழ்கையில் ஆற்றலானது C-யின் மின்புலத்திலும், L-ன் காந்தப் புலத்திலும் மாறி மாறிச் செறிவு பெறுகிறது.

தொட்டிச்சுற்றின் இருமுனைகளிலும் இரண்டு கம்பிகளை இணைத்தால் என்ன நிகழும்? ஹெர்ட்சு அன்டென்னு எனப்படும்

இக்கம்பிகளிலும், அவற்றைச் சுற்றிய வெளியிலும் என்ன நிகழும் என்பதைப் படம் (14.1) காட்டுகிறது. இதைப் போன்ற அமைப்பையே ஹெர்ட்சு 1888-ல் பயன்படுத்தி 'மின்காந்த அலைகள் கற்பனையல்ல; மெய்யானவை' என நிறுவினர்.

a: உச்ச மின்னேட்டமுள்ள பொழுது தொட்டிச் சுற்று	*b*: அரை அலை அன்டென்னவைச் சுற்றிய காந்தப் புலம்
c: உச்ச மின்னூட்டமுள்ள பொழுது தொட்டிச் சுற்று (மின்னேட்டம் = சுழி)	*d*. அரை அலை அன்டென்னவைச் சுற்றிய மின்புலம்.



படம் 14.1

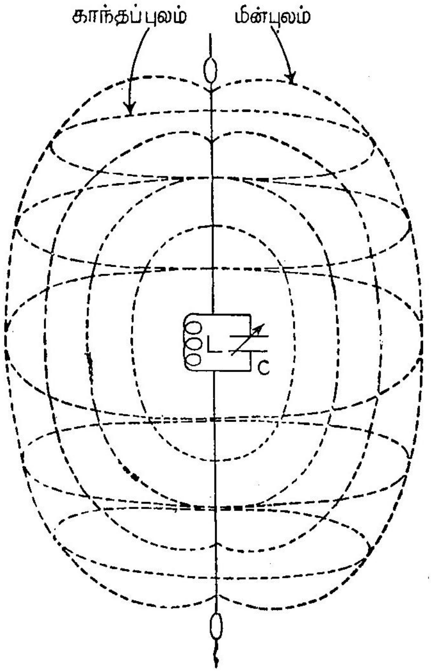
பரப்பும் ஹெர்ட்சு அன்டென்னவின் செயல்முறை

சுருளில் பெரும மின்னேட்டம் உள்ளபொழுது அதனைச் சுற்றிலும் வலிமையான காந்தப்புலம் ஏற்படுவதைப் படம் 14.1 (*a*) காட்டுகிறது. படம் 14.1 (*b*)-யில் தொட்டிச்சுற்றுடன் இரண்டு அன்டென்னு கம்பிகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இப்பொழுது எலெக்ட்ரான் மின்னேட்டம் அக்கம்பிகளின் முனைவரை ஓடி, மீண்டும் தொட்டிச் சுற்றிற்கே திரும்புகிறது. இதனால் கம்பிகளின் நெடுகிலும் அதனைச் சுற்றி, அதன் நீளத்திற்கு நேர்க்குத்தாகக் காந்தப் புலம் ஏற்படுகிறது. எலெக்ட்ரான் மின்னேட்டமானது ஓர் அரைச் சைக்கிளில் கம்பிகளின் முனைகளை அடைந்து திரும்பவும் தொட்டிச்சுற்றுக்கு வந்து சேரத் தகுந்தவாறு கம்பியின் நீளம் இருத்தல் வேண்டும் (இதனைப் பற்றிப் பிறகு படிப்போம்). அப்பொழுதுதான் தொட்டிச்சுற்று மின்னேட்டத்துடன் ஒத்த பிறையுடையதாகும். அன்டென்னுவின் மையத்தினருகே காந்தப் புலம் வலிமையானது என்பதைக் குறிப்பாகக் கவனிக்க. அன்டென்னுவின் மையத்தில்தான் மின்னேட்டம் புகுகின்றது; அஃதாவது ஆற்றல் ஊட்டப்படுகிறது என்பதையும் கவனிக்க. இந்தக் காந்தப் புலம் வெளியில் தொலைவைப் பொறுத்து வலிமை குறைந்தாலும் வெகு தொலைவுக்குப் பரவுகிறது.

படம் 14.1(*c*)-யில் கால்சைக்கில்களுக்குப் பிறகு, மின்னேட்டம் நின்று விடவும், மின்தேக்கி உச்சமான மின்னூட்டம் பெறவுமான கணத்தில் தட்டுகளிடையே வலிமையான மின்புலம் உள்ளதைக் காண்கிறோம். அதே கணத்தில் ஹெர்ட்சு அன்டென்னுவில் ஏற்படும் நிகழ்வுகளை (*d*)-யில் காணலாம். அன்டென்னுவின் முனைகளை அடைந்தவுடன் கணப்பொழுதிற்கு மின்னேட்டம் நின்று விட்டது. கம்பிகளின் முனைகள் எதிர் எதிரான முனைவுகளைப் பெற்றுள்ளன. மின்னூட்டம் பெற்ற கடத்திகளை இப்பொழுது மின்புலம் சூழ்ந்துள்ளது. மின்புல விசைக்கோடுகள் 'நேர்' முனையிலிருந்து 'எதிர்' முனைக்கு அன்டென்னுவுக்கு இணையாக உள்ளன. இந்தப் புலமும் வெளியில் வெகு தொலைவுக்குப் பரவுகிறது.

அடுத்த கால்சைக்கிளில், அன்டென்னு முனைகளிலிருந்து மின்னேட்டம் அதன் மையத்திற்கு விரைவதால், அன்டென்னுவைச் சுற்றிலும் மீண்டும் காந்தப் புலம் தோன்றுகிறது; ஆனால் இப்புலத்தின் திசை மாறியிருக்கும். மையத்தை அடைந்தவுடன் மின்னேட்டமானது கணப்பொழுதிற்கு சுழியாவதால் கம்பிகள் எதிரான மின்னூட்டம் பெறுகின்றன. மீண்டும் மின்புலம் அன்டென்னுவுக்கு இணையாகவும் அதனைச் சூழ்ந்தும் படம் 14.1(*d*)-யில் உள்ள திசைக்கு எதிராகத் தோன்றுகிறது. அடுத்தடுத்த சைக்கிள்களில் இதே வரிசையில் நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படுகின்றன.

அன்டென்னுவை மின்புலமும் காந்தப்புலமும் மாறிமாறிச் சூழ்கின்றன. இப் புலங்கள் தொட்டிச்சுற்றில் தோன்றும் பல மாற்றங்களுடன் ஒத்த பிறையின. ஒரு புலம் அழிந்துகொண்டிருக்கும்போதே மற்றொரு புலம் வளரத் தொடங்குவதால் எந்தக் கணத்திலும் அன்டென்னுவை இரண்டுவகைப் புலங்களும் சூழ்ந்துள்ளன. அன்டென்னுவைச் சூழ்ந்த சிக்கலான இந்த மின் காந்தப்புலம் படம் (14.2)-ல் காணப்படுகிறது.



படம் 14.2
அன்டென்னுவைச் சூழும் மின்காந்தப் புலம்

14.3 கதிர் வீச்சு மற்றும் கதிர் வீச்சு மின்தடை (Radiation and radiation resistance)

அன்டென்னுவில் பாயும் மாறுதிசை மின்னோட்டமானது அதனைச் சூழும் மின்காந்தப் புலத்தை மாறி மாறிப் பெருக்கவும் சுருக்கவும் செய்கிறது. மின்காந்தப்புலம் பெருகவும் சுருங்கவும் குறிப்பிட்ட வரம்புடைய காலம் (Certain finite time) தேவையாதலால், முதல் அரைச்சைக்கிளில் தோன்றிய மின்காந்தப்புலம் அழியு முன்னரே, இரண்டாவது அரைச்சைக்கிளில் தோன்றும் புலம் பெருகத் தொடங்கும். எனவே, முதலில் தோன்றிய மின் காந்தப்புலத்தின் ஒரு பகுதி அன்டென்னுவிற்குத் திரும்பாமல்,

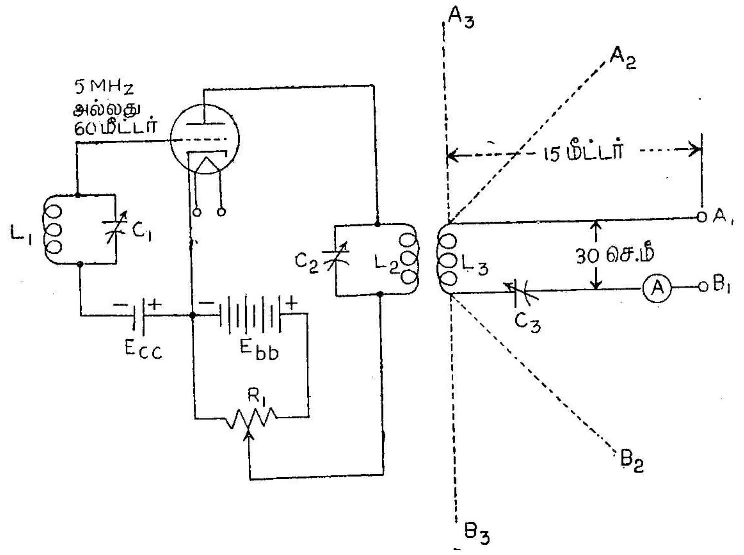
வெளியில்தங்கி விடுகிறது. வெளியில் தங்கும் மின்காந்தப்புலப் பகுதி வீசுபுலம் (Radiation field) எனப்படும்; அன்டென்னுவிற்குத் திரும்பும் பகுதி தூண்டல் புலம் (Induction field) எனப்படும்.

புதியதாகத் தோன்றும் ஒவ்வொரு வீசுபுலமும் அதற்கு முன்னர்த் தோன்றிய வீசுபுலத்திற்கு எதிரான முனைவுடையதாத லால் புதிய வீசுபுலம் அதற்கு முந்தயதைத் தள்ளுகிறது. இது போல் அடுத்தடுத்துத் தோன்றும் வீசுபுலங்கள் ஒன்றையொன்று தள்ளி வெகு தொலைவிற்குப் பரவுகின்றன. வீசுபுலத்திற்கும் தூண்டல் புலத்திற்கும் உள்ள விகிதம் அதிர்வெண்ணுக்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது; அன்டென்னுவில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் அதிகரித்தால் மேற்சொன்ன புலங்களின் விகிதமும் அதிகரிக்கும். திறமையான அலைபரப்புதலுக்கு இந்த விகிதம் உயர்வாக இருத்தல் வேண்டும்; ஆதலால் அன்டென்னுவில் மின்னோட்டமும் உயர்ந்த ரேடியோ அதிர்வெண் உடையதாக வேண்டும்.

கதிர் வீச்சு மின்தடை (Radiation resistance) : ரேடியோ அலைகளைத் திறமையாகப் பரப்புவதற்கு, வீசுபுலத்தை அன் டென்னுவிற்கு அருகிலேயே இருத்தி விடாத ஒரு சுற்றுத் தேவை. அலைவுகளுடைய திறந்த சுற்றில் மின்நிலைமமும் மின்தேக்கமும் அதிகமான பரப்பளவில் பரவலாக்கப்பட்டால், அந்த அன் டென்னுவுக்கு ஊட்டப்படும் ஆற்றலில் பெரும் பகுதி வீசப்படும். இக் கூற்றைப் பின்வரும் சோதனை விளக்கும்.

சாதாரண அலையியற்றி ஒன்று 5 மெகா ஹெர்ட்சியனில் (60 மீட்டர்) அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. இதன் வெளியீடு, 15 மீட்டர் நீளத்திலும், 30 செ.மீ. விலகலிலும் உள்ள இரண்டு கம்பி களுடன் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. அம்மீட்டர் A காட்டுகின்ற அன்டென்னு சுற்று மின்னோட்டம் பெருமமாகுமாறு மின்தேக்கி C_3 சீரமைக்கப்படுகிறது. அதனுடனேயே, இப்பெரும மின் னோட்டமானது அலையியற்றி தருகின்ற உச்ச மின்னோட்டத்தில் சிறுபங்கே யாகுமாறு R_1-ம் சீரமைக்கப்படுகிறது. அலையியற்றியின் அருகே ஏற்பி ஒன்றை வைத்து அதன் வெளியீட்டின் வலிமை குறிக்கப்படுகிறது. கம்பிகள் இரண்டும் புதிய நிலைகள் A_2 மற்றும் B_2-க்கு நகர்த்தப்படுகின்றன. கம்பிகள் நகர்வதால் அவற்றின் மின்தேக்கமும் மின்நிலைமமும் மாறுகின்றன. எனவே, அன் டென்னு சுற்றில் பெரும மின்னோட்டம் பெற C_3-ஐ மீண்டும் சீரமைத்தல் வேண்டும். இந்தப் பெரும மின்னோட்டமானது, கம்பிகள் A_1 மற்றும் B_1-லிருந்தபொழுது பெறப்பட்ட பெருமத்தை விடக் குறைவாகும். R_1-ஐச் சீரமைத்து, இந்தப் பெரும மின் னோட்டம் முதலில் பெறப்பட்ட மதிப்பிற்கு உயர்த்தப்படல்

வேண்டும். இதனால் அலையியற்றி வெளியிடும் திறன் அதிகரிக்கிறது. இப்பொழுது ஏற்பியின் வெளியீடும் அதிகரிப்பது காண்க.



படம் 14.3

கதிர் வீச்சு மின்தடையை விளக்கும் சோதனை

அலையியற்றியிலிருந்து ஏற்பியின் தொலைவை அதிகரித்தால்தான் அதன் வெளியீடு முன் மதிப்புக்குத் திரும்புகிறது என்பதையும் அறிக. கம்பிகளின் முனைகளை A_2 மற்றும் B_2-லிருந்து A_3 மற்றும் B_3-க்கு நகர்த்தினால் முன்போன்றே எல்லா மாற்றங்களும் நிகழ்வதையும், அதுபோன்றே எல்லாச் சீரமைப்புக்களும் செய்யவேண்டியதையும் கவனிக்க.

இச் சோதனையினின்றும் பின்கண்ட முடிவுகள் பெறப்படுகின்றன; (1) கம்பிகளின் முனைகளிடையே விலகல் அதிகரித்தால், அன்டென்னா சுற்றில், மின்னோட்டத்தை நிலையான மதிப்புடையதாக்க அலையியற்றி அதிக ஆற்றலை வெளியிடல் வேண்டும். எனவே, கம்பி முனைகளின் விலகல் அதிகரித்தால் அன்டென்னா சுற்றில் மின்தடையும் அதிகரிக்கிறது. (2) கம்பிகளின் முனைகள் விட்ட எதிராகும்பொழுது மின்தடை பெருமமாகிறது. (3) இந்த மின்தடையில் பயன் தரும் பகுதி கதிர்வீச்சு மின்தடை எனப்படுவது—கம்பி முனைகள் விட்ட எதிராகும்பொழுது உச்சமாகும்.

ஓர் அன்டென்னா திறமையாகச் செயல்படுகிறதா என்பதை அதன் கதிர்வீச்சு மின்தடை குறிக்கும். கதிர்வீச்சு மின்தடை

அதிகரித்தால் அன்டென்னு திறமையாகச் செயல்படும்; அதிக ஆற்றலைக் கதிர்வீசும். ஓர் அன்டென்னுவின் மையத்தில் மின்னேட்டம் பெருமமாகும்; அத்துடன் அப்பகுதியில்தான் அதன் கதிர்வீச்சு மின்தடையும் உச்சமாகும். உதாரணமாக அதன் கதிர் வீச்சு மின்தடை 70 ஓம் என்றும், அதில் பாயும் மின்னேட்டம் 2 ஆம்பியர் என்றும் சொன்னால் கதிர்வீசப்படும் ஆற்றல் $= I^2 R = 280$ வாட்டுகள் ஆகும். இந்த 70 ஓம்களுடன் ஒப்பிட, அன்டென்னுவின் சாதாரண மின்தடை-ஆற்றல் பாழாவதற்குக் காரணமாவது மிகக் குறைவாகும்.

14.4 அன்டென்னுவில் இயைவு (Resonance in the antenna)

அலையியற்றும் தொட்டிச்சுற்றின் அதிர்வெண்ணுடன் அன்டென்னுக் கம்பிகள் இயைவுறுவதாகக் கருதலாம். தொட்டிச் சுற்றிலுள்ள சுருளில் பாயும் மாறுதிசை மின்னேட்டம் ஒவ்வோர் அரைச்சுற்றிலும் 180° பிறைமாற்றம் பெறுகிறது என அறிவோம். அஃதாவது, மின்தேக்கிக்கு மின்னூட்டக் கால்சைக்கிளும், அதனை மின்னிறக்கக் கால்சைக்கிளும் தேவைப்படுகின்றன. அன்டென்னுவில் உள்ள அலைவுகளும், தொட்டிச்சுற்றில் உள்ள அலைவுகளும் ஒத்தபிறையின வாதல் வேண்டுமாயின், மின்தேக்கியை ஒரு முறை மின்னேற்றி, மின்னிறக்கத் தேவைப்படும் நேரத்தில் மின்னேட்டமானது அன்டென்னுக் கம்பிகளின் முனைகள்வரை சென்று மீளல்வேண்டும். எனவே, அன்டென்னு முனைகளை அடையக் கால்சைக்கிளும், அதன் மையத்திற்குத் திரும்ப மற்றொரு கால்சைக்கிளும் செலவானால் சரியான நேரப் பொருத்தமிருக்கும். அன்டென்னுவில் மின்னேட்டமானது அடுத்தடுத்த கால்சைக்கிள்களில் எதிரெதிரான திசைகளில் நிகழ்வதால், மையத்திற்குத் திரும்பியவுடன் அதன்பிறை 180° மாறிவிடுகிறது. எனவே, மீண்டுவரும் மின்னேட்டம் தொட்டிச்சுற்று மின்னேட்டத்துடன் ஒத்தபிறையுடையது. எனவே, தொட்டிச்சுற்று அலைவுகளும், அன்டென்னுவில் அலைவுகளும் இயைகின்றன.

மின்னேட்டமானது கால்சைக்கிளில் அன்டென்னுவின் முனைகளை அடைதல் வேண்டுமானால் ஒவ்வோர் அன்டென்னு கம்பியும் கால்அலைநீளம் இருத்தல் வேண்டும்; அஃதாவது அன்டென்னுவின் மொத்த நீளம் அரைஅலை நீளம் (Half-wave length) ஆகும். ஹெர்ட்சு அன்டென்னுவின் மின்னியல் நீளம் (Electrical length) அரை அலைநீளம் ஆகும். எனவே, அதனை அரைஅலை அன்டென்னு (Half-wave antenna) என்பதும் உண்டு.

அலை நீளம் $\lambda = \dfrac{\text{திசைவேகம்}}{\text{அதிர்வெண்}} = \dfrac{c}{f}$ என்றறிவோம். மின்காந்த அலைகளின் திசைவேகம் ஒளியின் திசை வேகமேயாதலால்,

$\lambda = \dfrac{3 \times 10^8 \text{ மீட்டர்/செகண்டு}}{f \text{ ஹெர்ட்சியன்}}$ ஆகும். வசதிக்காக 'அடி', மற்றும் 'மெகாஹெர்ட்சியன்' அலகுகளைப் பயன்படுத் தினால், $\lambda = \dfrac{984}{f \text{ மெகாஹெர்ட்சியன்}}$. எனவே அரை அலை அன் டென்னாவின் நீளம் $= \dfrac{\lambda}{2} = \dfrac{492}{f MH_z}$. ஆனால் தடைகளற்ற வெளியில் (Free space) பரவும் வேகத்துடனேயே ஒரு கடத்தியில் ரேடியோ அலைகள் பரவுவதில்லை. ஆகவே, மேற்கண்ட வாய் பாட்டிற்குச் சிறிய திருத்தம் தேவைப்படுகிறது; அஃதாவது அன்டென்னாவின் நீளம்

$$= l = \frac{\lambda}{2} \times \text{திருத்தக் குணகம்}$$

$$= \frac{492}{fMH_z} \times k$$

திருத்தக் குணகம் k-யின் மதிப்புப் பின்வருமாறு :—

$3MH_z$ குறைவான அதிர்வெண்களுக்கு $k = 0{\cdot}96$

$3MH_z$-லிருந்து $30MH_z$ வரையிலான அதிர்வெண்களுக்கு $\}$ $k = 0{\cdot}95$

$30MH_z$-க்கும் அதிகமான அதிர்வெண்களுக்கு $\}$ $k = 0{\cdot}94$

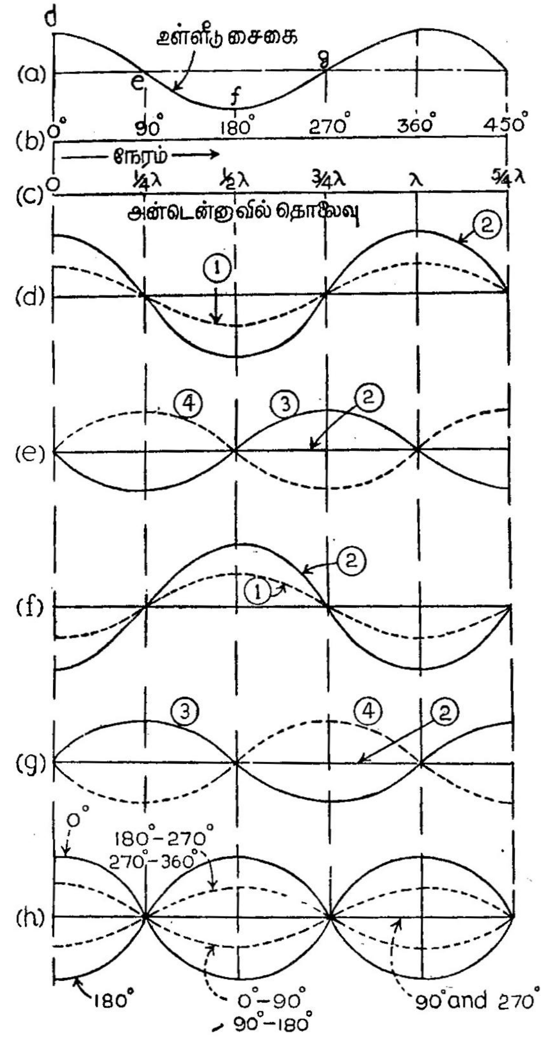
அன்டென்னாவில் இயைவு நிகழும் எனக் கண்டோம். LC பக்க இணைப்புச் சுற்றில் இயைவு நிகழ்வதைப்போன்றே அன் டென்னாவிலும் நிகழ்கிறது. அன்டென்னா கம்பிகளின் நெடுகிலும் மின் நிலைமம், மின்தேக்கம், மின்தடை ஆகியவை பரவலாக உள்ளன. எனவே, எந்த நீளமுள்ள கம்பியிலும் மின்நிலைம மின் மறுப்பும், மின்தேக்க மின்மறுப்பும் குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் தான் சமமாகும். அப்பொழுது இயைவு ஏற்பட்டு, அதில் மின் னோட்டம் பெருமமாகிறது. எனவே, எந்த நீளமுள்ள அன்டென்னா விற்கும் இயல்பான அதிர்வெண் (Natural frequency) உண்டு. பரவும் அலையின் அதிர்வெண் அன்டென்னாவின் இயல்பு அதிர் வெண்ணுக்குச் சமமானால் அன்டென்னா திறமையுடன் செயல்படும். இதனாற்றான் பரப்பவேண்டிய அலைகளின் அதிர்வெண்ணுக்கு அன் டென்னாவின் இயல்பு அதிர்வெண் சமமாகுமாறு அதன் நீளத்தை அமைத்தல் வேண்டும்.

14.5 நிலை அலைகள் (Standing waves)

அன்டென்னாவில் பாயும் மின்னோட்டத்தைப் பொறுத்து அது வீசுகின்ற ஆற்றலின் அளவு உள்ளது. எனவே, அன்டென்னா

மின்னேட்டம் உச்சமாகும்பொழுது அது வீசும் ஆற்றலும் உச்சமாகும். தக்க முறையில் அமைக்கப்பட்ட அன்டென்னுவில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட புள்ளிகளில் பாயும் மின்னேட்டத்தின் மதிப்பை, அன்டென்னுவில் நிலை அலைகளை ஏற்படுத்துவதால் உயர்த்தலாம்.

RF ஆற்றல் அன்டென்னுவுக்கு ஊட்டப்படும்பொழுது, மின்னியல் துடிப்புகள் அதன் நெடுகிலும் ஏற்பட்டு, அதன் திறந்த முனைகளை அடைகின்றன. முனைகளில் இத் துடிப்புகள் பிரதிபலிக்கப்படுவதால் அன்டென்னுவில் எதிர்த்திசையில் இத் துடிப்புகள் பாய்கின்றன. *RF*-மின்னேட்டத்தின் அதிர்வெண் அதிகமானதால், புதுப்புதுத் துடிப்புகள் திறந்த முனைகளை நோக்கிப் பாய்வதும், அங்குப் பிரதிபலிக்கப்படுவதும் நிகழ்கின்றன. மின்னியல் துடிப்புகள் குறிப்பிட்ட வேகத்தில்தான் முனைகளை நோக்கிப் பாய்கின்றன. மூல மின்னியல்துடிப்பு ஏற்படுத்தும் அலையைப் படும்அலை (Incident wave) என்றும், முனைகளில் பிரதிபலிப்பால் எதிர்த்திசையில் பாயும் மின்னேட்டம் ஏற்படுத்தும் அலையைப் பிரதிபலிக்கப்பட்ட அலை (Reflected wave) என்றும் சொல்வோம். படும்அலைக்கும், பிரதிபலிக்கப்பட்ட அலைக்கும் அன்டென்னு முனையில் 180^0 பிறை வேறுபாடு உள்ளது. படும் அலைக்கும், பிரதிபலிக்கப்பட்ட அலைக்கும் காரணமாகும் மின்னேட்டங்களின் கண மதிப்புகளின் வெக்டர் கூட்டுத்தொகை அன்டென்னுவின் நெடுகிலும் சுழிக்கும் பெருமத்திற்குமாக மாறுகிறது இந்தத் தொகுமின்னேட்டம் (Resultant current) நிலை அலை (Standing wave) எனப்படும். இதனை விளக்க, $\frac{5\lambda}{4}$ நீளமுள்ள அன்டென்னுவில் நிலை அலைகள் தோன்றுவதைக் கவனிப்போம். அன்டென்னுவில் ஊட்டப்படும் மின்னேட்டத்தின் அலைநீளம் λ என்க. மின்னேட்டம் நேர்ப்பெரும (Positive maximum) மதிப்புள்ளபொழுது அன்டென்னுவில் பாயும் மின்னேட்டத்தின் கண மதிப்புகள் படம் 14.4(d)-யில் காண்கின்றன. மின் மூலத்திலிருந்து $\frac{\lambda}{4}$ தொலைவிலுள்ள புள்ளியில் மின்னேட்டம் சுழியாகும். ஏனெனில், இப் புள்ளியில் உள்ள மின்னேட்டம் படத்தில் காட்டிய கணத்திற்கு 90° முன்னதாக ஊட்டப்பட்டது. இது போன்றே அன்டென்னுவில் $\frac{3\lambda}{4}$, $\frac{5\lambda}{4}$ தொலைவிலுள்ள புள்ளிகளிலும் மின்னேட்டம் சுழியாகும். ஆனல் $\frac{\lambda}{2}$ தொலைவிலுள்ள புள்ளியில் எதிர்ப்பெரும மதிப்பும், λ-தொலைவில் நேர்ப்பெரும மதிப்பும் உள்ளன. பிரதிபலிக்கப்பட்ட அலையானது படும்அலைக்கு



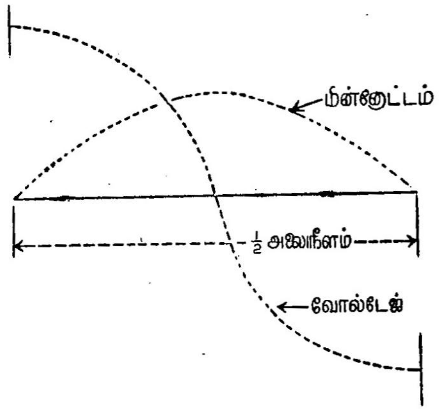
படம் 14.4

நிலை அலைகள்

180° பிறை வேறுபாடு உடையதாதலால் அன்டென்னுவின் முனையில் பிரதிபலிக்கப்பட்ட மின்னேட்டத்தின் மதிப்பானது.

$450° - 180° = 270$ $\left(\text{அல்லது } \frac{3\lambda}{4}\right)$. தொலைவிலுள்ள

புள்ளியில் உள்ள மதிப்பேயாகும். λ-தொலைவில், ($540° - 180° = 360°$) படும்அலையும், பிரதிபலிக்கப்பட்ட அலையும் ஒத்தபிறையின. படம் 14.4(d)-யில் காணும் கணத்திறகு 90 அதிகமான பின்னர் உள்ள மின்னோட்டத்தின் கண மதிப்புகள் படம் 14.4(e)-யில் காணப்படுகின்றன. இதுபோன்றே 180° மற்றும் 270° அதிகமான பின்னர் உள்ள கண மதிப்புகள் படங்கள் 14.4(f)-லும், 14.4(g)-யிலும் காணப்படுகின்றன. இந்த நான்கு படங்களிலிருந்தும் $\frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}$ .... தொலைவுகளில் $\left(\right.$அதாவது $\frac{\lambda}{4}$-ன் ஒற்றைப்படையான மடங்குகளில்$\left.\right)$ மின்னோட்டம் எப்பொழுதும் சுழியாகும் எனத்தெரிகிறது. இப் புள்ளிகளுக்கிடையே மின்னோட்டத்தின் மதிப்பானது படும்அலையின் நேர்ப்பெருமத்தின் இருமடங்கிற்கும், அதன்எதிர்ப்பெருமத்தின் இருமடங்கிற்கும் இடையே சைன் வடிவத்தில் மாறுகிறது. படம் 14.4(h) காண்க. இப் படங்களில் மின்னோட்டத்திற்குப் பதிலாக மின்னழுத்தத்தையும் காட்டலாம். மின்னோட்டம் சிறுமமாகும்பொழுது மின்னழுத்தம் பெருமமாகவும், மின்னோட்டம் பெருமமாகும்பொழுது மின்னழுத்தம் சிறுமமாகவும் தோன்றும் என்றபடி படங்கள் காணப்படும்.



படம் 14.5

அரை அலை அன்டென்னுவின் நெடுகில் மின்னோட்டமும் மின்னழுத்தமும்

மேற்சொன்ன கருத்துகளை மனத்தில் கொண்டு அரைஅலை நீளமுள்ள அன்டென்னுவில் மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டத்தின்

மதிப்புகளை வரைபடத்தில் காட்டினால் அப் படம் 14.5 போலிருக்கும். மின்னோட்டமும், மின்னழுத்தமும் சிறுமங்களாகும் புள்ளிகள் கணுக்கள் (Nodes) என்றும், அவை பெருமங்களாகும் புள்ளிகள் எதிர்க்கணுக்கள் (Antinodes) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

14.6 அன்டென்னாவின் மின்எதிர்ப்பு (Impedance of the antenna)

அன்டென்னாவின் மின்எதிர்ப்பை அதில் தோன்றும் மின்னழுத்த மற்றும் மின்னோட்ட நிலைஅலைகள் நிர்ணயிக்கின்றன. மின்னழுத்தத்திற்கும், மின்னோட்டத்திற்குமான விகிதம் மின்எதிர்ப்பு ஆகும். படம் 14.5-ஐக் காண அன்டென்னாவின் நெடுகிலும் மின்எதிர்ப்பு மாறிலியாகாமல் நீளத்தைப் பொறுத்து மாறுவதைக் காணலாம். அரைஅலை அன்டென்னாவின் மின்எதிர்ப்பு அதன் முனைகளில் பெருமமாகவும், மையத்தில் சிறுமமாகவும் உள்ளது. நிலைஅலைகளின் கணுக்கள் எப்பொழுதும் சுழியாவதில்லை யாதலால், அரைஅலை அன்டென்னாவின் மையத்தில் மின்எதிர்ப்புச் சுழியாவதில்லை. உண்மையில் இந்த அன்டென்னாவின் மையத்தில் மின்எதிர்ப்பு 72 ஓம்கள் ஆகும்; இயல்பு அதிர்வெண் நிர்ணயிக்கும் நீளத்தைப் பொறுத்தமையால் எந்த நீளத்திற்கும் மையத்தில் மின்எதிர்ப்பு 72 ஓம்களே ஆகும். மேலும், அன்டென்னா அதன் அடிப்படை அதிர்வெண்ணில் (Fundamental frequency) செயல்படுவதால் இந்த மின் எதிர்ப்புத் தூய மின்தடையேயாகும். நடைமுறையில் இதுவே கதிர் வீச்சு மின்தடையாகிறது; அன்டென்னாவின் ஓம்க் மின்தடை மிகக் குறைவாகும். பரவும் அலைகளின் அதிர்வெண் அதிகமாக அதிகமாக, அன்டென்னாவின் நீளம் குறைந்து அதன் 'ஓமிக்' மின்தடையும் குறைகிறது. அரைஅலை அன்டென்னாவின் மையத்தில் மின்எதிர்ப்பு (அதன் நீளம் எதுவாயினும்) மாறிலியாவதால், குறை அதிர்வெண்களைவிட உயர் அதிர்வெண்களில் அலைபரப்புதல் திறமையாக நடைபெறுகிறது.

14.7 அன்டென்னா வகைகள் (Types of antennas)

அன்டென்னாக்களைப் பொதுவாக இரண்டு வகைகளாக்கலாம். அவையாவன (1) ஹெர்ட்சு அன்டென்னா — புவியிணைப்பில்லாதது; (2) மார்க்கோனி அன்டென்னா — புவியிணைப்புடையது. ஹெர்ட்சு அன்டென்னாவிற்கு இரட்டை (Doublet), இருமுனை Dipole) அரைஅலை அன்டென்னா என்ற வேறுபெயர்களும் உண்டு. மார்க்கோனி அன்டென்னாவைக் கால் அலை அன்டென்னா என்பதும் உண்டு. இரண்டு வகைகளும் அடிப்படையான அரைஅலை அன்டென்னாவைப் போன்றே செயல்படுகின்றன.

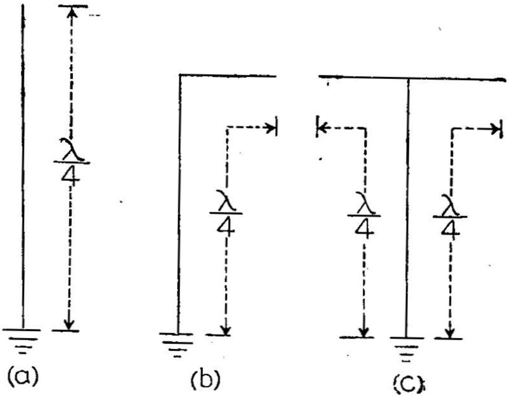
ஹெர்ட்சு அன்டென்னா: பரப்பவேண்டிய அலையின் நீளத்தில் அரைப்பகுதி நீளமுடைய ஒரே கம்பியால் செய்யப்பட்டது ஹெர்ட்சு

அன்டென்னு. அடிப்படையான அரைஅலை அன்டென்னுவிற் கான வரையறையும் இதுவே. எனவே, இதன் செயல் முறையும் அதனைப்போன்றதே.

ஹெர்ட்சு அன்டென்னுவைச் செங்குத்தாகவோ கிடக்கை யாகவோ பொருத்தலாம். செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டால், அது வீசும் அலைகளில் மின்னியல் விசைக்கூறுகள் செங்குத்தாக இருக்கும்; அஃதாவது செங்குத்தாகத் தளவிளைவு பெறும். அதுவே கிடத்தப்பட்டால், மின்னியல் விசைக்கூறுகளும் கிடக்கையாகத் தளவிளைவு பெறும். அன்டென்னு வீசும் அலைகள் எத்திசையில் தளவிளைவு உடையனவோ, அத்திசையில் அஃது அதிகமான ஆற்றலை வீசும்.

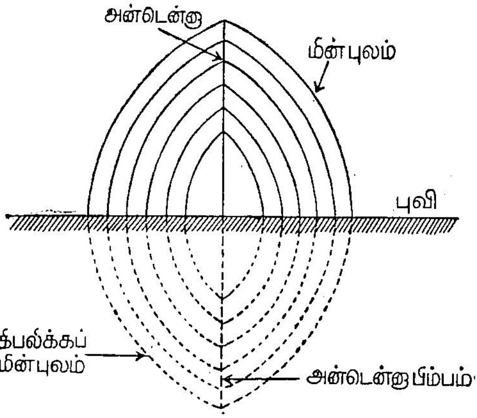
குறைவான ரேடியோ அதிர்வெண்களில் ஹெர்ட்ஸ் அன்டென்னுவின் நீளம் மிகஅதிகமாவது அதனில் ஒரு குறையாகும். ஆனல் அதற்குப் புவியிணைப்புத் தேவையில்லையாதலால் அதனை மிக உயர யான இடங்களிலும் பொருத்தலாம்.

மார்க்கோனி அன்டென்னு: பரப்பவேண்டிய அலையின் நீளத்தில் கால்பகுதி நீளமுடைய ஒரே கம்பியால் அமைக்கப்படுவது மார்க்கோனி அன்டென்னு. இதன் ஒருமுனை புவியுடன் இணைக்கப் படுகிறது; மறுமுனை புவிக்கு வெளியில் உள்ளது. இதனை முழு வதும் செங்குத்தாகவோ, ஒரு பகுதியைச் செங்குத்தாகவும் மற்ற பகுதியைக் கிடக்கையாகவுமோ பொருத்தலாம் படம் 14.6 காண்க. புவிக்கும் இதற்கும் உள்ள பிணைப்பு மின்தேக்கத் திறனுடையது. இதன் நீளத்தைப் போல் 42 மடங்கு அலைநீளத்திற்கு இயைவு தருகிறது.

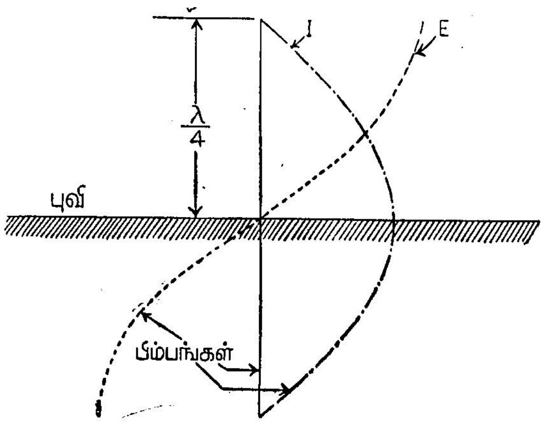


படம் 14.6
மார்க்கோனி அன்டென்னு
(*a*) செங்குத்தாக; (*b*) தலைகீழான L-வடிவத்தில்;
(*c*) T-வடிவத்தில்

இந்த அன்டென்னு புவியிணைப்பு உடையதாதலால் புவிதளமானது ஒரு சமதள ஆடிபோல் செயல்பட்டு ஒரு பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. இதனுல் புவிக்கு மேலே கம்பியைச் சுற்றிலும் தோன்றும் மின்காந்தப் புலம் போன்றே புவிதளத்திற்குக் கீழும் மின்காந்தப் புலம் தோன்றி பரவுகிறது. படம் (14.7)-ல் இந்த அட்டென்னுவைச் சுற்றிலும் தோன்றும் மின்புலமும், புவியில் அதன் பிம்பமும் காணப்படுகின்றன. படத்தில் காந்தப்புலம் காணப்



படம் 14.7
மார்க்கோனி
அன்டெனுவைச் சுற்றியுள்ள புலமும் அதன் பிம்பமும்



படம் 14.8
மார்க்கோனி
அன்டென்னுவின் மின்னழுத்த மற்றும் மின்னேட்ட மதிப்புகள்

படாவிடினும், அதுவும் தோன்றிப் பரவுகிறது என அறிக. புவி யிணைப்புடையதால் $\frac{\lambda}{4}$ அன்டென்னுவும், அதன் பிம்பமும் சேர்ந்து $\frac{\lambda}{2}$ அன்டென்னுவாகின்றன. எனவே, இதுவும் அடிப்படையான அரைஅலை அன்டென்னு போன்றே செயல்படுகிறது. இதனில் மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்ட மதிப்புகள் பரவியுள்ள விதம் படம் (14.8)-ல் காணப்படுகிறது.

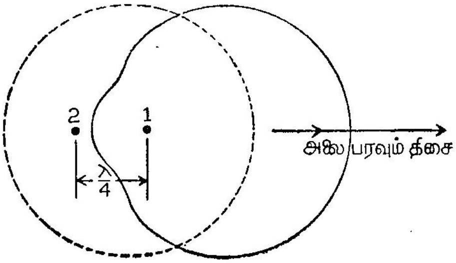
புவியுடன் இணைந்த அன்டென்னு முனையில் மின்னழுத்தம் சிறுமமாகும். இதனால் புவியினுள் உச்சமான மின்னோட்டம் ஏற்படும். எனவே, புவி இணைப்பின் மின்தடை மிகக்குறைவாக இருப்பதவசியம். மண் ஈரப்பசை யுடையதானால் அதனுள் புதைக்கப்பட்ட உலோகத் தண்டுடன் அன்டென்னுவை இணைத்துவிடலாம். புவிதளம் உலர்ந்தும், மணலாகவும் இருந்தால் அன்டென்னுவின் கீழ்முனையுடன் இணைந்த கம்பிவலை யொன்றைப் புவியினுள் புதைத்தல் வேண்டும். ஹெர்ட்சு அன்டென்னுவின் நீளத்தில் பாதிதான் மார்க்கோனி அன்டென்னுவின் நீளம் என்பது இதன் நிறைகளிலொன்று. மற்றும் இது குட்டையானதால் குறைவான ரேடியோ அதிர்வெண்களில் இதனைப் பயன்படுத்தலாம். இதற்குப் புவியிணைப்புத் தேவையாதலால் இதனை மிக உயரமான இடங்களில் பயன்படுத்த முடியாது.

14.8 திசைப்படுத்தும் அன்டென்னு (Directional antenna)

குறிப்பிட்ட இரண்டு இடங்களிடையே ரேடியோ தொடர்பு கொள்ளப் பெருமமான ஆற்றலைக் குறிப்பிட்ட திசையில் கதிர்வீசுவதால் அவசியமாகிறது. செங்குத்தான அன்டென்னுவிலிருந்து எல்லாத் திசைகளிலும் சமஅளவிற்கு ஆற்றல் வீசப்படுகிறது. கிடக்கையான அன்டென்னு அதற்கு நேர்க்குத்தான திசையில் பெருமமான ஆற்றலைக் கதிர் வீசும். இக் கருத்தே முதன்முதலாகத் திசைப்படுத்தும் அன்டென்னுக்களில் பயன்பட்டது. ஆனால் இதைவிடத் திறமையாகச் செயல்படுவன அன்டென்னுவரிசைகள் (Antenna arrays) ஆகும். இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அரை அலை அன்டென்னுக்கள் (அல்லது கால் அலை அன்டென்னுக்கள்) வரிசையாக நிறுத்தப்படுகின்றன. இவற்றின் இடைவெளியும், அவற்றில் பாயும் மின்னோட்டங்களின் பிறைகளும் சீரமைக்கப்பட்டுக் குறிப்பிட்ட திசையில் வலிமையாகக் கதிர்வீச்சு நிகழுமாறு அமைக்கப்படுகிறது இதற்குப் பிரதிபலிப்பான்களும் (Reflectors), திசைப்படுத்துவான்களும் (Directors) பயன்படுகின்றன.

கதிர்வீசும் அன்டென்னுவிற்கு அருகே அமைக்கப்பட்ட மற்றொரு கம்பியில் (கடத்தியில்) மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது.

இந்த மின்னேட்டத்தால் இரண்டாவது கம்பியும் கதிர் வீசுகிறது. இந்த இரண்டாவது கதிர்வீச்சு (Re-radiation) முதல் கதிர் வீச்சை மாற்றி அமைக்கும் வகையில் வலிமை வாய்ந்தது. இதனுல் சில திசைகளில் முதல் கதிர்வீச்சுக் குறைக்கப்பட்டு; வேறு திசைகளில் வலிவூட்டப்படுகிறது. இரண்டாவது கம்பியைப் போலி அன்டென்னு (Parasitic antenna) எனலாம். போலி அன்டென்னுவின் நீளம் முதல் அன்டென்னுவின் நீளத்திற்கு ஏறத்தாழச் சமமாகவும், அவற்றின் இடைவெளி கால் அலை நீளம் $\left(\frac{\lambda}{4}\right)$ ஆகவும் இருந்தால் இரண்டாவது கதிர்வீச்சின் பிறையானது முதல் கதிர்வீச்சுக்கு எதிராகப் போலி அன்டென்னுவுக்குப் பின்னுல் அலை பரவாமல் பிரதிபலிக்கிறது. எனவே, போலி அன்டென்னுவைப் பிரதிபலிப்பான் (Reflector) எனலாம். முதல் மற்றும் இரண்டாவது கதிர்வீச்சுகளிடையே உள்ள பிறை வேறு

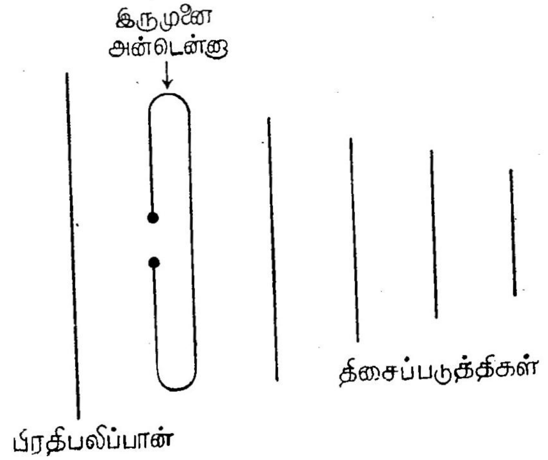


படம். 14.9

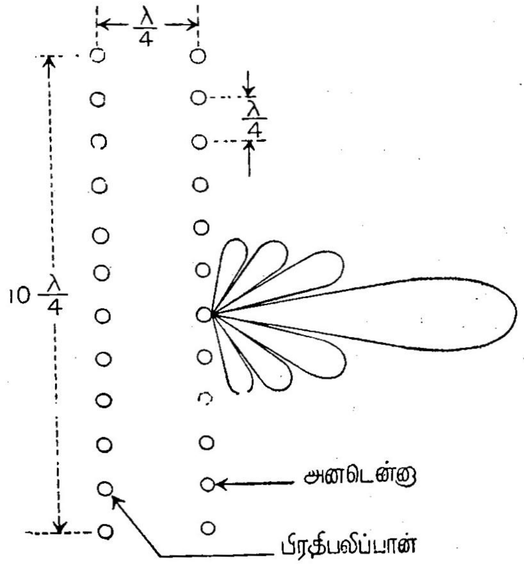
போலி அன்டென்னு ஏற்படுத்தும் விளைவு;
45° பிறைவேறுபாடு ஏற்படுத்துமாறு
பிரதிபலிப்பானின் நீளம் உள்ளது

பாட்டைப் பொறுத்து மேற்சொன்ன விளைவு தோன்றுகிறது. அன்டென்னுவின் நீளத்தில் சிறிது மாற்றம் ஏற்பட்டாலும் பிறை வேறுபாடு தோன்றுகிறது. இரண்டாவது அன்டென்னு கம்பி முதலாவதைவிடக் குட்டையாகவும், அதனின்றும் $0 \cdot 1\lambda$ தொலைவிலும் இருந்தால் அது பிரதிபலிப்புக்கு நேர் எதிரான விளைவைத் தோற்றுவிக்கும். அப்படிப்பட்ட கம்பிகளைத் திசைப்படுத்தி (Director) எனலாம். பிரதிபலிப்பான்களும், திசைப்படுத்திகளும் பயன்பட்டால் அவை அன்டென்னுவின் கதிர் வீச்சு மின்தடையைக் குறைக்கின்றன. ஒரு வழிப்படும் இயல்பைப் பிரதிபலிப்பான் மற்றும் திசைப்படுத்தி இரண்டையும் பயன்படுத்தி அதிகரிக்கலாம். படம் 14.10(*a*)-யில் அத்தகைய 'யாகி ஏரியல்' காணப்படுகிறது.

கிறது. இதைப்போன்றே, பல அன்டென்ருக்களை வரிசையாக நிறுத்தி, அவற்றின் பின்ருல் பிரதிபலிப்பான்களையும், முன்ருல்



(*a*) யாகி ஏரியல்



(*b*) அன்டென்ரு வரிசையும், கதிர்வீச்சுக்கான 'போலார்' படமும்

படம் 14.10

திசைப்படுத்திகளையும் இணைவரிசைகளாக நிறுத்தி அன்டென்ன வரிசை (Antenna array) அமைக்கலாம் [படம் 14.10(*b*)]. இதனில் எல்லா அன்டென்னக்களுக்கும் ஒத்த பிறையில் மின்னேட்டம் பாய்ச்சப்படுகிறது.

14.9 அலை பரப்பல் (Wave propagation)

அன்டென்ன வீசுகின்ற அலைகள் எல்லாத் திக்குகளிலும் செக்கண்டுக்கு 3×10^8 மீட்டர்கள் வேகத்தில் பரவுகின்றன. இந்த அலைகளை வானமும் வளியும், மழையும் பனியும் பாதிப்பதில்லை. அலோகப் பொருள்களை இவை ஊடுருவுகின்றன; ஆனல் உலோகங் களால் தடுத்து நிறுத்தப்படுகின்றன. சூன்யவெளியில் (Free space or vacuum) இவை நன்கு பரவுகின்றன. இவை பரவுவதற்கு எந்த ஊடகமும் தேவையில்லை.

இக் கருத்துக்கள் எல்லா ரேடியோ அலைகளுக்கும் பொருந்தும். மேற்கொண்டு கூறவேண்டிய எக் கருத்தையும் அலைகளின் நீளங்களையோ, அதிர்வெண்களையோ குறிப்பிட்டுத்தான் கூறல் வேண்டும். மின்காந்த அலைவரிசையில் (Electromagnetic spectrum) ஒரு சிறு பகுதிதான் ரேடியோ அலைகளென நாமறி வோம். இவ்வரிசையில் செவியுணர் அதிர்வெண்கள் (20—15000H_z), ரேடியோ அதிர்வெண்கள் (15kH_z—300,000MH_z), புறச்சிவப்பு (Infra-red 400,000 MH_z—400 மில்லியன் MH_z), ஒளி (Visible light, 400-800 மில்லியன் MH_z) புறஊதா (Ultraviolet பில்லியன் MH_z), X கதிர்கள், காமா மற்றும் காஸ்மிக் கதிர்கள் இன்னபிறவும் அடங்குகின்றன. இவை யாவுமே செக்கண்டுக்கு 300 மில்லியன் மீட்டர்கள் வேகத்தில் இயங்குகின்றன. பொது வாகவே, அதிர்வெண் உயர உயர, அந்தஅலைகள் நேர்கோட்டுப் பாதையில் இயங்கும் பண்பும் அதிகரிக்கிறது. இந்த ஒளி போல் (Quasi-optical) பண்பினுல், உயர் அதிர்வெண் ரேடியோ அலைகளை எளிதில் பிரதிபலிக்கவும், விலக்கவும், குவியச் செய்யவும் இயல் கிறது. இதற்கெனத் தனியான ‘ஆடி’ களும், லென்சு’களும் அமைக்க இயலும்.

ரேடியோ அலைகள் வானவெளியில் பரவும் வகைகள் அவற்றின் அதிர்வெண்களைப் பொறுத்து அமைகின்றன. எனவே, அவற்றைச் சில உட்கூறுகளாக்குவது கற்பதில் எளிமை தரும். இவ்வுட் கூறுகள் பின்வரும் அட்டவணையில் காணப்படும்.

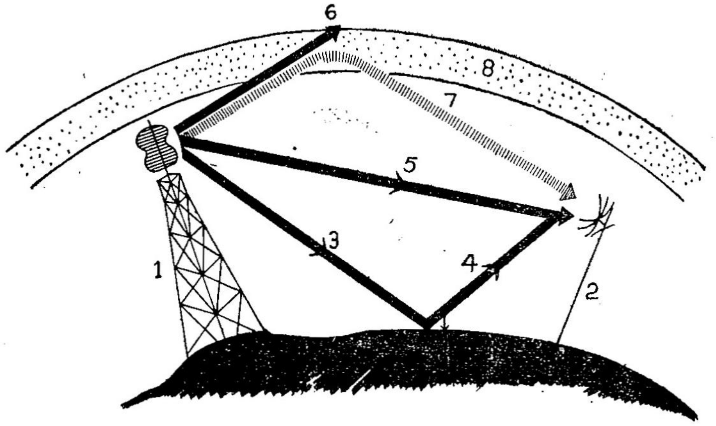
அட்டவணை ; ரேடியோ அலைவரிசைகள்.

அதிர்வெண் பட்டை (Frequency band)	அதிர்வெண் நெடுக்கம் (Frequency range)	அலை நீள நெடுக்கம் (Wave length range)	குறிப்பிடத் தகு பயன்கள் (Important uses)
மீதாழ் அதிர்வெண் (Very low frequency) -*VLF*	*10—30kHz*	*30,000—10,000m*	நெடுந்தொலைவில் குறிப்பிட்ட இடங்களிடையே தொடர்பு.
தாழ் அதிர்வெண் (Low frequency) *LF*	*30—300kHz*	*10,000—1000m*	கடல் பயண வழிகாட்டிகள்
நடுத்தர அதிர்வெண் (Medium frequency) -*MF*	*300—3000 kHz*	*1000—100m*	வானொலி.
உயர் அதிர்வெண் (High frequency) -*HF*	*3—30MHz*	100—10*m*	பல்வகைத் தொடர்புகள்.
மீஉயர் அதிர்வெண் (Very high frequency) -*VHF*	*30—300 MHz*	10-1*m*	டெலிவிஷன், ரேடார், ஆகாய வழி காட்டிகள்.
மீமீஉயர் அதிர்வெண் (Ultra high frequency) *UHF*	*300—3000 MHz*	1*m*—10*cm*	ரேடார், மைக்ரோ அலைஅஞ்சல், குறுந்தொலைவுத் தொடர்பு.
சூப்பர் உயர் அதிர் வெண் (Super high frequency) ·*SHF*	*3000—30,000 MHz*	10—1 *cm*	ரேடார், ரேடியோ அஞ்சல், பயண வழி காட்டி, ஆராய்ச்சி.
உச்ச உயர்அதிர்வெண் (Extremely high frequency) -*EHF*	*30,000—300,000MHz*	1—0.1*cm*	ஆராய்ச்சி.

மேற்சொன்ன பகுப்புகள் அனைத்து நாட்டினரின் ஒப்புதல் பெற்றவை.

14.10. அலை பரவும் வகைகள் (Types of wave propagation)

தன் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து ஒரு ரேடியோ அலையானது பரப்பும் அன்டென்னுவிலிருந்து ஏற்கும் அன்டென்னுவிற்குப் பல தடங்களில் செல்லலாம். இத் தடங்களைப் பொறுத்து அலைகள் (1) புவிமட்ட அலை (Ground wave) (2) புவிப் பிரதிபலிப்பு அலை (Ground reflected wave) (3) நேர்கோட்டு அலை (Direct or line of sight wave) மற்றும் (4) வான் அலை (Sky wave) எனப் பகுக்கப் படும். இவற்றின் பாதைகள் படம் (14.11)-ல் காணப்படுகின்றன.



படம் 14.11

ரேடியோ அலைகள் பரவும் பாதைகள்

படத்தில் காணப்படும் ஏற்பி அன்டென்னுவைப் புவிமட்ட அலைகள் சேரவில்லை என்பது காண்க. ஏனெனில் புவிமட்ட அலைகள் குறுந்தொலைவிற்கே பரவுகின்றன. அவற்றை ஏற்கவேண்டுமானல்ஏற்பி அன்டென்னுவானது பரப்பிக்கு அருகே இருத்தல் வேண்டும். மேலும், வான் அலையில் அதிகமான ஏற்றக்கோணத்தில் பரவும் ஒரு பகுதி புறவெளியில் (Outer space) மறைந்து விடுகிறது என்பதும் காண்க; வான் அலையின் மற்றப் பகுதி குறைவான கோணத்தில் பரவி அயன மண்டலத்தால் பிரதிபலிக்கப் பட்டு ஏற்பி அன்டென்னுவை அடைகின்றது.

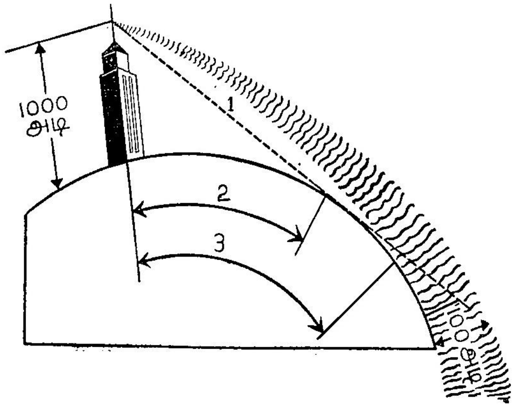
புவி மட்ட அலை (Ground wave) : புவி மட்ட அலை பரவும் பொழுது, மின்காந்த அலைகள் புவி தளத்தால் வழிப்படுத்தப்பட்டுப் புவியின் வளைந்த தளத்தை ஒட்டியே பரவுவதால் புவிமட்டத்தின் மின்னியல் பண்புகள் அவற்றை வெகுவாகப் பாதிக்கின்றன. புவி மட்டத்தின் திடமான பகுதிகள் ரேடியோ அலைகளை அதிகமாக உட்கவர்கின்றன; ஆனல், நற்கடத்திகளான நீர்மட்டங்கள் அவ்

வாறு கவர்வதில்லை. இதனுற்ருன் கடலில் 1000 மைல்களுக்கு அலை பரப்பக்கூடிய பரப்பியானது தரையில் 60 மைல்களுக்குத் தான் பரப்பும். மேலும், அலைகளின் அதிர்வெண் உயரஉயரப் புவி மட்டம் அவற்றை உட்கவர்வதும் அதிகமாகிறது. எனவே, தாழ் அதிர்வெண்களில்தான் புவிமட்ட அலை பரவுதல் திறமையானது; மிகப் பயன் தருவதுமாகும். புவிமட்ட அலைகள் பரவுவதைப் பருவங்களும், வளிமண்டல மாற்றங்களும் பாதிக்கா; எனவே, செம்மையான ஏற்பும் உள்ளது. 500 kH_zக்குக் கீழே 1000 மைல்கள் வரை புவிமட்ட அலைகளால் செம்மையான தொடர்பு பெறப்படுகிறது. அலைவீச்சுப் பண்பேறிய நடுத்தர அதிர்வெண் வாஞெலிப் பரப்புப் (Amplitude modulated mifrequency broadcast) புவிமட்ட அலைகளாலேயே நிகழ்கிறது அலைஅதிர்வெண் பண்பேறிய வாஞெலி பரப்பும் (FM broadcast), டெலிவிஷனும் மீஉயர் அதிர்வெண்களில் நிகழ்வதால், புவிமட்ட அலைகள் மிகுந்த உட்கவர்தலுக்கு உட்படுகின்றன. எனவே, பரப்பியிலிருந்து சில மைல்களுக்கு அப்பால் புவிமட்ட அலைகள் எப்பயனையும் அளிப்பதில்லை.

புவி பிரதிபலிப்பு அலை (Grouud-reflected wave) : படம் (14.11)-ல் காண்பதுபோல் புவிபிரதிபலிப்பு அலையானது பரப்பும் அன்டென்ஞவிலிருந்து புவியை அடைந்து அங்கிருந்து ஏற்பி அன்டென்ஞவிற்குப் பிரதிபலிக்கப்படுகிறது. இந்த அலையைப் புவி உட்கவர்வதில்லை. எனவே, அது புவிமட்ட அலையைவிட அதிகத் தொலைவிற்குப் பரவும். மீஉயர் அதிர்வெண்களிலும் புவி பிரதிபலிப்பு அலைகள் உண்டு. இதுவும் புவிமட்ட அலையும் *FM* மற்றும் டெலிவிஷன் ஒலி பரப்புக்கு உதவுகின்றன. இந்த அலை 'மங்கலுக்குக்' (Fading) காரணமாகிறது எனப் பின்னர்ப் படிப்போம்.

நேர்கோட்டு அலை (Direct wave) : பெயருக்கேற்ப, இந்த அலை பரப்பும் அன்டென்ஞவிலிருந்து ஏற்பிக்கு ஏறத்தாழ நேர் கோட்டில் பரவுகிறது. இதன் பாதை சரியான நேர்கோடு அன்று; ஏனெனில், புவியைச் சுற்றிய வளி மண்டலத்தில் சிறிது 'விலகல்' (Refraction) ஏற்படுகிறது. இதன் காரணமாக, நேர் கோட்டுப் பாதை சேருமிடத்திற்குச் சிறிது அப்பாலும் இந்த அலை பரவுகிறது. எனவே; 'ஒளி அடிவானம்' (Optical horizon) என்பதற்கு மாருக 'ரேடியோ அடிவானம்' (Radio horizon) என்ற சொற்ருெடர் பயன்படுகிறது. இதன் அமைப்புப் படம் (14.12)-ல் காணப்படுகிறது. ரேடியோ அடிவானத்தில் தொலைவு, பரப்பும் மற்றும் ஏற்கும் அன்டென்ஞக்களின் உயரங்களைப் பொறுத்து அமைகிறது என்பதறிக.

அதிர்வெண் உயாஉயர ரேடியோ அலைகள் நேர்கோட்டுப் பாதையில் பரவுவதும் அதிகரிப்பதால், நேர்கோட்டு அலைகளின்



படம் 14.12

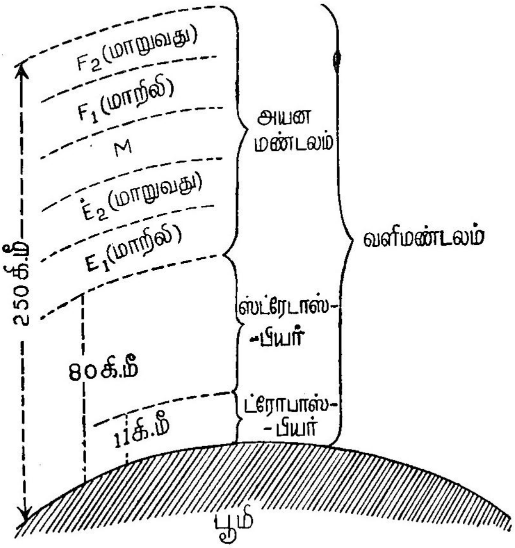
ரேடியோ அடிவானம்

முக்கியத்துவம் அதிர்வெண்ணுடன் அதிகரிக்கிறது. நேர்கோட்டு அலை பரப்புதல் மீஉயர் அதிர்வெண் பட்டைகளை (*VHF* band) ஏறத்தாழ 30 மெகா ஹெர்ட்சியனில் தொடங்குகிறது. *FM* வானொலி, டெலிவிஷன் சைகைகள் இவ்விதமாகத்தான், புவிபிரதிபலிப்பு அலையுடனும் சேர்ந்து பரவுகின்றன. *UHF* பரப்பல் நேர்கோட்டு அலைகளால் மட்டுமே நிகழ்கிறது. ரேடார், மைக்ரோ அலை அஞ்சல்கள், ஆகாய வழிகாட்டி (Air navigation) மற்றும் பல *VHF*, *UHF* பணிகள் நேர்கோட்டு அலைகளால் மட்டுமே நிகழ்கின்றன.

14.11 வான் அலையும் அயன மண்டலமும் (Sky wave and the ionos phere)

வான் அலை வழியாகத் தொடர்பு கொள்ளுதல் சிறிது கடினமான வேலையாகும். இரவு மற்றும் பகல், பருவங்கள், வளிமண்டல மாற்றங்கள் ஆகியவற்றைப் பொறுத்து, வான் அலைகளில் மங்கலும், வேறு பல சீரற்ற மாற்றங்களும் தோன்றுகின்றன. இருப்பினும், உலகைச் சுற்றிலும் குற்றலைத் தொடர்புக்கு (Round the world Short wave communication) வான் அலைகளே பயன்படுகின்றன. ஆதலால் அவை பரவும் முறையையும், அவை ஏன் நம்பத்தகுந்தவையல்ல என்பதையும் காண்போம்.

பூமியைச் சூழ்ந்துள்ள வளிமண்டலத்தைப் படம் (14.13)-ல் காண்பதுபோல் படிவங்களாகப் பகுக்கலாம். இப் படிவங்களில் தாழ்வானது புவிமட்டத்திலிருந்து 10 முதல் 12 கிலோ மீட்டர்



படம் 14.13

வளிமண்டலத்தின் உயர்மட்டங்களில் அயனிப் படிவங்கள்

வரை விரிந்துள்ளது. இதனை ட்ரோபாஸ்பியர் (Troposphere) என்பர். இப் படிவத்தில்தான் மேகங்கள் தோன்றுகின்றன; மற்றும் இதனில் உயரத்தைப் பொறுத்து வெப்பநிலை குறைகிறது. இதற்கும் மேலான படிவம் ஸ்ட்ரேடாஸ்பியர் (Stratosphere) எனப்படும். இதனில் உயரத்தால் வெப்பநிலை மாறுவதில்லை. 80 கி.மீ. உயரத்திற்கு மேல் கணிசமான அயனமாக்கம் (Ionisation) தொடங்குகிறது எனவே, இப்பகுதியை அயனிமண்டலம் (Ionosphere) என்பர். அயனிமண்டலத்தை இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம்; E பகுதி கீழேயுள்ளது; இதனைவிட அயனிச் செறிவு அதிகம் உடைய F பகுதி மேலே உள்ளது. இது 200 முதல் 300 கி.மீ. வரை விரிகிறது. F பகுதி பொதுவாக F_1 மற்றும் F_2 என்ற இரண்டு உட்பகுதிகளாகப் பிரிகிறது. சிலசமயங்களில் F_1 மற்றும் F_2 இரண்டறக் கலந்து ஒரே படிவமாகின்றன. E பகுதியிலும் சிற்சில சமயங்களில் E_1, E_2 என்ற இரண்டு உட்பகுதிகள் தோன்றுகின்றன. E பகுதிக்குக் கென்னலி-ஹீவிசைடு படிவம் (Kennelly-Heaviside layer) என்றும், F பகுதிக்கு ஆப்பிள்டன் படிவம் (Appleton layer) என்றும் பெயர்.

அயனிமண்டலம் தோன்றக் காரணம் என்ன?

சூரியனிலிருந்து வரும் புறஊதாக் கதிர்களும், மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்களும் மற்றும் காஸ்மிக் கதிர்களும் வளிமண்டலத்திலுள்ள மூலக்கூறுகளைத் தாக்குகின்றன. இதனால் மூலக்கூறுகள் அயனிகளாக்கப் படுகின்றன. இந்த அயனிகள் மீண்டும் ஒன்றுசேர வாய்ப்புண்டு. வளிமண்டலத்தின் மேல் மட்டங்களில் வாயுக்களின் செறிவு குறைவதால் இந்த வாய்ப்புகள் குறைவு. எனவே, அயனமாக்கப்பட்ட மூலக்கூறுகள் அயனிகளாகவே இருக்கின்றன. வளிமண்டலத்தின் கீழ்மட்டங்களில் வாயுக்களின் செறிவு அதிகம். அதனால் அயனிகள் மீண்டும் ஒன்றுசேர வாய்ப்புகளும் அதிகம். எனவே, அயனிகள் அதிக நேரம் அயனிகளாகவே இருப்பதில்லை. மேலும், அயனியாக்கம் செய்யும் கதிர் வீச்சுகள் வளிமண்டலத்தின் மேல் மட்டங்களிலேயே உட்கவரப்பட்டுக் கீழ்மட்டங்களை அடையுமுன்னரே வலிமை இழக்கின்றன.

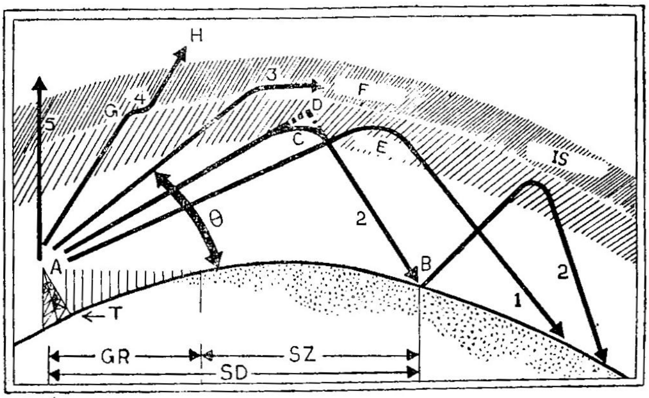
அயனமண்டலத்திலுள்ள வெவ்வேறு வாயுக்கள் வெவ்வேறு அழுத்தங்களில் அயனிகளாகும் பண்புடையவை; அஃதாவது புவிமட்டத்திலிருந்து வெவ்வேறு உயரங்களில் அவை அயனிகளாகின்றன. மற்றும் காஸ்மிக் கதிர்கள் போன்ற அயனியாக்கிகள் வெவ்வேறு ஆழங்களுக்குப் பாய்கின்றன. ஆகையால் அயனமண்டலத்தில் பல படிவங்கள் உள.

பரப்பும் அன்டென்னவிலிருந்து மேல்நோக்கி வீசப்படும் அலைகள் தொடர்ந்து மேனோக்கியே பரவினால், அவை வீணாகத்தான் வேண்டும். ஆனால் அவை 'பிரதிபலிக்கப்'படுவற்கான சில நல்ல சூழ்நிலைகளும் உண்டு. இப்படிப் பிரதிபலிக்கப்படும் வான் அலையானது புவிமட்ட அலைகள் எட்டுகின்ற தொலைவைவிட அதிகத் தொலைவிற்குச் சென்று நெடுந்தொலைவுத் தொடர்பைச் சாத்தியமாக்குகின்றன. எந்தச் சூழ்நிலைகளில் இந்த வாய்ப்பு உண்டு எனக் காண்போம்.

பொதுவாக, ஒரு மின்காந்த அலையானது அயனிமண்டலத்தில் படும்பொழுது, அதன் ஆற்றலில் ஒரு பகுதி அயனிகளுக்கு அளிக்கப்படுகிறது. இதன் காரணமாக அயனிகள் முடுக்கப்படுகின்றன. அவை பெற்ற ஆற்றலில் சிறுபகுதி வெப்பமாகி வீணாகிறது; பெரும் பகுதி ஆற்றல், அயனிகள் முடுக்கம் பெற்றுள்ளதால் மீண்டும் வீசப்படுகிறது. எனவே, மின்காந்த அலையின் பாதையில் ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் அதன் ஒரு பகுதி ஊடுருவுவதும், மற்றப்பகுதி பிரதிபலிக்கப்படுவதும் நிகழ்கின்றன. அயனிகளின் செறிவு அதிகமானால் அயனமண்டலமானது ஓர் உலோகத்தட்டினைப் போல் செயல் பட்டு, மின்காந்த அலை அயனமண்டலத்துள் வெகு தொலைவு பரவுமுன்னரே அதனைப் பிரதிபலிக்கிறது. அயனிகளின்

செறிவு குறைவானுல் மின்காந்த அலை வெகுதொலைவு பரவினுலும் இழக்கும் ஆற்றல் குறைவு. எனவே, பிரதிபலிப்பும் குறைவு.

ஒரு ரேடியோ அலை படம் (14.14) -ல் காண்பதுபோல் A-யிலிருந்து மேல் நோக்கிப் பரவுவதாகக் கொள்க. இதன் பாதை



படம் 14.14
வான்அலையின் வெவ்வேறு பாதைகள்

அயனமண்டலம் வரை நேர்கோடாகும். இதற்குப் பின் மேற்சொன்ன காரணங்களால் பாதை வளையத் தொடங்குகிறது. அயனிச் செறிவு மேனேக்கி அதிகரிக்கிறது. எனவே, பாதை மேன்மேலும் வளைகிறது. அலையானது அதிகச் செறிவுள்ள பகுதிகளிலிருந்து குறைந்த செறிவுள்ள பகுதிகளை நோக்கி வளைகிறது. இதுவும் ஒரு வகையில் விலகல் (Refraction) தான். அலையின் அதிர்வெண், அயனிச் செறிவு, மற்றும் அலையின் படுகோணம் ஆகியன சாதகமாக இருப்பின், அலையானது கணிசமாக வளைந்து முடிவில் அயனமண்டலத்திலிருந்து வெளியேறிப் பூமிக்குத் திரும்புகிறது.

அயனிமண்டலத்துள் அலையின் பாதை வளைந்துள்ளது; இஃது அலைவிலகலால் ஏற்படுகிறது. எனினும், அலை 'பிரதிபலிக்கப்' படுவதாகக் கொள்வது எளிதாகும். எனவே, அலை *D*-யில் பிரதிபலிக்கப் பட்டுப் பாதை *A D B*-யில் செல்வதாகக் கொள்ளலாம். பிரதிபலிப்பில் படுகோணம் அதிகமானுல், அலை பூமிக்குத் திரும்பும் புள்ளிக்கும், அது புறப்படும் புள்ளிக்கும் உள்ள தொலைவு (*A B*) அதிகமாகும். மேலும் சில சூழ்நிலைகளில் அலையானது அயனிமண்டலத்தினுள்ளேயே கணிசமான தொலைவு புவிமட்டத்திற்கு இணையாகவே பரவிய பின்னர்ப் பூமிக்குத் திரும்பும். எனவே, தொலைவு *A B*-யும் அதிகரிக்கும். படம் (14·14) காண்க; குறைவாட்டத்தில் வீசப்படும் வான்அலை *I*, *F* படிவத்தால் பிரதிபலிக்கப் பட்டுப் பரப்பி அன்டென்னுவிலிருந்து நெடுந்தொலைவில் பூமியை

அடைகிறது. வாட்டம் அதிகமான திசையில் வீசப்படும் வான் அலை 2, *E* படிவத்தால் பிரதிபலிக்கப்படுகிறது. இஃது அயனி மண்டலத்தை விரைவில் அடைவதால் விரைவிலேயே பிரதிபலிக்கப்பட்டுப் பரப்பி அன்டென்னுவிலிருந்து குறுகியதொலைவில் பூமியை அடைகிறது.

பரப்பி அன்டென்னுவிற்கும், வான் அலை முதன் முதலாகப் பூமிக்குத் திரும்பும் புள்ளிக்கும் உள்ள தொலைவு தாவு தூரம் (Skip distance) எனப்படும். பரப்பிக்கு அருகாமையிலேயே உள்ள ஏற்பிகளில் கூட விளைவுகள் தெரியும்; ஆனால் இவ் விளைவு புவி மட்ட அலைகளால் ஏற்படுவதாம். புவி மட்ட அலைகளின் நெடுக்கத்திற்கு அப்பால் தாவுதூர எல்லை வரையிலும் சைகைகளைப் பெற இயலாது இந்தப் பிரதேசத்தை அமைதிமண்டலம் (Skip Zone or Zone of Silence) என்பர். புவிமட்டத்திலிருந்து அலைவீசப்படும் திசையின் ஏற்றக் கோணம் அதிகரித்தால், அயனிமண்டலமானது அலைகளைப் பிரதிபலிக்கவியலாத நிலையும் ஏற்படும். இதனை அலைகள் 3,4,5 காட்டுகின்றன. எக் கோணத்திற்குமேல் வான் அலைகள் பிரதிபலிக்கப்படாமல் வானவெளியிலேயே செல்கின்றனவோ அக்கோணம் மாறுநிலைக் கதிர்வீசுகோணம் (Critical angle of radiation) எனப்படும். இக் கோணத்தில் அல்லது இதற்கு அதிகமான கோணத்தில் வீசப்படும்அலைகள் புவிநோக்கிப் பிரதிபலிக்கபடாமல் அயனிமண்டலத்தை ஊடுருவிச்செல்கின்றன. அயனிச் செறிவையும் அலைகளின் அதிர்வெண்களையும் பொறுத்து மாறு நிலைக்கோணத்தின் மதிப்பு இருக்கும். அதிர்வெண் அதிகம் ஆக ஆகக் கதிர் வீச்சு கோணத்தைக் குறைத்தால்தான் அலைகள் புவிநோக்கிப் பிரதிபலிக்கபடும். 30 மெகாஹெர்ட்சியனுக்கு மேல், கதிர் வீசுகோணம் மிகவும் குறைவானல் கூட வான்அலை பிரதிபலிக்கப்படுவதில்லை. இவ்வாறு நிகழக்காரணம் என்ன? உயர் அதிர்வெண் அலைகள் தாழ்அதிர்வெண் அலைகளைவிடக்குறைவாகத்தான் வளைகின்றன. G என்ற புள்ளியில் அயனிச் செறிவு பெருமமாக உள்ளது; எனவே, உயர்செறிவு உள்ள பகுதியிலிருந்து குறை செறிவுள்ள மேற்பகுதியை நோக்கி அலைகள் வளைகின்றன. இதனால் உயர் அதிர்வெண் அலைகள் பாதை *A G H*-ல் அயனிமண்டலத்தை ஊடுருவுகின்றன.

மாறுநிலை அதிர்வெண் (Critical frequency)

செங்குத்தாக வீசப்பட்டு ஒரு படிவத்தால் புவிநோக்கிப் பிரதிபலிக்கபடும் உச்சமான அதிர்வெண் அப்படிவத்திற்கான மாறுநிலை அதிர்வெண் எனப்படும். மாறுநிலை அதிர்வெண்தான் அப் படிவம் பிரதிபலிக்கக்கூடிய பெருமமான அதிர்வெண் என்பது பொருளல்ல. கதிர்வீசு கோணத்தைக் குறைத்தால் மாறுநிலை அதிர்வெண்ணை விட அதிகமான அதிர்வெண்களையும் அப் படிவம் பிரதிபலிக்கும்.

மாறுநிலை அதிர்வெண் f_c மற்றும் கதிர்வீசு கோணம் (θ) எனக்கொண்டால் இரண்டு இடங்களிடையே தொடர்பு ஏற்படுத்த வல்ல பெருமமான அதிர்வெண் $f_m = \frac{f_c}{\cos(90-\theta)}$ ஆகும். f_mஐப் பயன்படும் அதிர்வெண்களில் பெருமம் (maximum usable frequency) என்பர்.

வான் அலையானது புவியில் படும் பொழுது புவியும் அதனைப் பிரதிபலிக்கலாம். இதனால் ஒரே அலை அயனி மண்டலத்திலும், புவிமட்டத்திலும் மாறி மாறிப் பல தடவைகள் பிரதிபலிக்கப்பட்டு நெடுந்தொலைவிற்குத் தொடர்பு கொள்ள உதவுகின்றன; புவி மட்டத்தின் வளைவு இதற்கு இடையூறுவதில்லை. புவிமட்டத்திலும் அயனிமண்டலத்திலும் ஏற்படும் பிரதிபலிப்புகள் அலைகளை மெலிக்கின்றன. பிரதிபலிப்புகளுக்கிடையே ஏற்படும் மெலித்தல் (Attennution) மிகக் குறைவு. அதிர்வெண் அதிகமானால் அயனி மண்டலத்தில் ஏற்படும் மெலிப்பு குறைவாகும்; ஆனாலும் அதிர்வெண் மாறுநிலை அதிர் வெண்ணை விடக் குறைவாயிருத்தல் வேண்டும்.

தொடர்ந்து பல பிரதிபலிப்புகளுக்குப் பிறகு அலை பயனற மலிந்து விடும். இப்படி மெலியுமுன்னரே அலையானது 10,000 மைல்களுக்கும் மேல் (ஏறத்தாழ புவியின் சுற்றளவில் பாதி) தொடர்பு கொள்ளப் பயன்படுகிறது.

14.12 அலை பரவுதலைப் பாதிக்கும் நிகழ்வுகள் (Phenomena affecting wave propagation)

வானில் நிகழும் உட்கவர்தல், அயனி மண்டல மாறுபாடுகள், மங்கல், மற்றும் வளிமண்டலக் குழப்பங்கள் ஆகியன அலை பரவுதலைப் பாதிக்கின்றன.

உட்கவர்தல் (Absorption) : அலைபரவும் தொலைவை நிர்ணயிக்கும் பல காரணங்களில் அயனி மண்டலமானது அலைகளிலிருந்து ஆற்றலை உட்கவர்தலும் ஒன்றாகும். அயனிப் பகுதி வழியே ரேடியோ அலை செல்லும் பொழுது அங்குள்ள எலெக்ட்ரான்கள் அலைவு பெறுகின்றன. அலையும் எலெக்ட்ரான்கள் அவற்றைச் சூழ்ந்த மூலக்கூறுகளுடனும் அயனிகளுடனும் மோதி, அவை பெற்ற ஆற்றலை முழுமையாகவோ, பகுதியாகவோ வெளியிடுகின்றன. இந்த ஆற்றல் சுற்றுப்புறத்தை வெப்பமேற்றுவதால் வீணாகின்றது. அயனி மற்றும் மூலக்கூறுகளின் செறிவும் அயனிப் படிவத்தில் அலைபரவும் தொலைவும் அதிகமானால் பாழாகும் ஆற்றலின் அளவும் அதிகமாகும் சூரியனிலிருந்து வரும் புற ஊதாக் கதிர்கள், இரவை விடப் பகலில் கீழ் மட்டங்களிலும்

அயனியாக்கம் செய்வதாலும், கீழ் மட்டங்களில் காற்றின் செறிவு அதிகமானதாலும், பகலில் அதிகமான ஆற்றல் உட்கவரப்பட்டு வீணுகிறது. இந்த உட்கவர்தல் பெரும்பாலும் E படிவங்களில் ஏற்படுகிறது. புவிகாந்தப் புலத்தில் இயங்கும் எலெக்ட்ரான்கள் 1400 கிலோஹெர்ட்சியன்களில் ஒரு வகையில் ஒத்ததிர்வதால், இந்த அதிர்வெண்ணில்தான் உட்கவர்தலும் பெருமமாகிறது. இந்த அதிர்வெண்ணிலிருந்து அலையின் அதிர்வெண் அதிகமாக விலகியிருந்தால் மெலிவதும் குறைவாகும்.

நெடுந்தொலைவுத் தொடர்புக்கு, பெருமமான பயன்படும் அதிர்வெண்ணுக்கருகாமையில் அலைபரப்புதல் விரும்பத்தக்கது. 3 முதல் 30 மெகாஹெர்ட்சியன்கள் வரை உள்ள குற்றலைகள் E படிவங்களை ஊடுருவி, F படிவங்களில் பிரதிபலிக்கப்படும் பொழுது மெலிதல் குறைவாகும். எனவே, இரவிலும் பகலிலும் தொடர்பு கொள்ளக் குற்றலைகள் பயன்படுகின்றன.

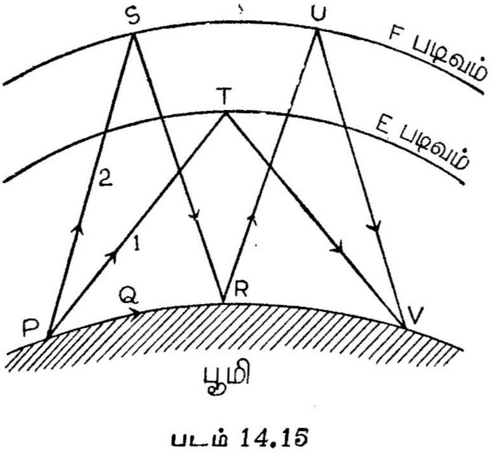
அயனிமண்டல மாறுபாடுகள் (Ionospheric changes) ; அயனி மண்டலத்திலுள்ள படிவங்களின் எண்ணிக்கையும், புவிமட்டத்தி லிருந்து அவற்றின் உயரங்கள் மற்றும் அயனிச் செறிவு ஆகியன வற்றில் ஏற்படும் ஒழுங்கான மாற்றங்களும் ரேடியோ அலைகள் பரவுவதைப் பாதிக்கின்றன. இந்த மாறுபாடுகளில் முக்கியமான மூன்று வகைகள் : (1) தினசரி பகற்கால மாற்றங்கள் (Diurnal variations) (2) பருவகால மாற்றங்கள் (Seasonal variations) (3) சூரியப் புள்ளி மாற்றங்கள் (Sunspot-cycle variations) ஆகியன. இந்த மாற்றங்கள் பெரும்பாலும் சூரியக் கதிர் வீச்சினுல் ஏற்படுவன. இவை படிவங்களில் அயனிச் செறிவை மாற்றுகின்றன. அவற்றின் உயரங்களை அவ்வளவாக பாதிப்பதில்லை. எனவே, உட்கவர் தலையும், மாறுநிலை அதிர்வெண்களையும் பெரும்பாலும் பாதிக் கின்றன. பகற்காலத்தில், புவியை நெருங்க நெருங்க, சூரியக் கதிர்கள் காற்றை அதிகமாக அயனியாக்குகின்றன. காற்றின் அழுத்தம் குறைந்தால் அயனியாக்கம் அதிகம். எனவே, நடுத்தர, குறை அதிர்வெண்களில் பிரதிபலிப்பு குறிப்பிடத்தக்கதாயில்லை. இதனுல்தான் பகலில் புவிமட்ட அலைகளே தொடர்பு கொள்ளப் பயன்படுகின்றன. இரவில், புவிக்கருகில் உள்ள அயனிகள் மறைந்து விடுகின்றன. குறிப்பிட்ட உயரத்திற்குமேல் காற்றின் அழுத்தம் மிகவும் குறைவாதலால், வாயுக்கள் அயனிகளாக உள்ளன. இந்த அயனிப் படிவம் சிறந்த பிரதிபலிப்பானுகப் பயன்படுகிறது. எனவே நெடுந்தொலைவுடன் தொடர்பு கொள்ளு தல் இரவு நேரங்களில் எளிதாகிறது.

நாளுக்கு நாள், பருவத்திற்குப் பருவம்—வானில் சூரியனின் நிலையைப் பொறுத்து—E படிவத்தில் மாற்றங்கள் தோன்றுகின்றன.

E படிவத்திற்கான மாறுநிலை அதிர்வெண் இரவைவிடப் பகலுக்கு அதிகமானதாகவும், குளிர் காலத்தைவிடக் கோடைக்கு அதிகமானதாகவும் உள்ளது. சூரியப்புள்ளியின் 11 ஆண்டுப் பருவத்தின் காரணமாகவும் ஆண்டிற்கு ஆண்டு *E* படிவத்தின் மாறுநிலை அதிர்வெண் மாறுகிறது. இந்த மாற்றங்களைக் கவனமாக ஆராய்ந்து அவை எவ்வெப்பொழுது நிகழும் என வருவதுரைக்கலாம்; மேலும் காலத்திற்கேற்ப பயன்படக்கூடிய அதிர்வெண்களின் பெரும மதிப்புகளைக் கணக்கிட்டு வரைபடங்களில் (Charts) காட்டலாம். இவற்றைப் பயன்படுத்தி ரேடியோ தொடர்புப் பணிகள் செவ்வனே நடைபெறலாம்.

மங்கல் (Fading) : அலையின் வலிமையில் ஏற்படும் விரும்பத்தகாத மாற்றங்களை மங்கல் என்கிறோம். இந்த மாற்றங்களால் ஏற்பியில் சைகையின் வீச்சு மிக அதிகமாக மாறும். எனவே சைகையானது வளர்ந்து தேய்கிறது. சில சமயங்களில் பயன் தராமலும் போகும். பெரும்பாலும், குற்றலை பயன்படும் நெடுந்தொலைவுத் தொடர்பில்தான் இக் குறை ஏற்படும்.

அன்டென்னுவிலிருந்து பரவும் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலைகள் அயன மண்டலத்தில் பன்முறை பிரதிபலிக்கப் படுவதால் வெவ்வேறு நீளங்களுடைய வெவ்வேறு பாதைகளில் சென்று ஏற்பியை அடைகின்றன. இதனுல் அவை பிறையிலும் வீச்சிலும் மாறுபட்டு மங்கலைத் தோற்றுவிக்கின்றன.



படம் 14.15

மங்கலின் காரணம்

P என்ற பரப்பி (படம் 14.15) புவிமட்டத்திற்குமேல் வெவ்வேறு கோணங்களில் கதிர்வீசுவதாகக் கொள்வோம். புவிமட்ட

அலை PQR என்ற பாதையில் பரவுகிறது மற்ருெரு வான் அலை 1 திசை PTயில் சென்று E படிவத்தில் பிரதிபலிக்கப்பட்டு புவியில் V என்ற புள்ளிக்குத் திரும்புகிறது; இதன் பாதை PTV. மற்றும் ஒரு வான் அலை 2 PSR என்ற பாதையில் செல்கிறது. அது E படிவத்தை ஊடுருவி F படிவத்தால் பிரதிபலிக்கப்பட்டுப் புவியில் R மற்றும் V என்ற புள்ளிகளை அடைகிறது. புள்ளி R-ல் பெறப்படும் சைகையானது புவி மட்ட அலை மற்றும் ஒரு வான் அலை ஆகிய வற்றின் தொகுபயன் ஆகும். இவை இரண்டும் வெவ்வேறு பாதைகளில் Rஐ அடைந்துள்ளன. இப் பாதை நீளங்களின் வேறுபாட்டைப் பொறுத்து, அவைகள் ஒத்த பிறையுடையன வாயின் உரத்த சைகையைத் தரும்; எதிர்பிறையுடையனவாயின் மெல்லிய சைகையைத் தரும். பாதை வேறுபாடு F படிவத்தின் உயரத்தைப் பொறுத்தது. எனவே, இவ்வுயரத்தில் ஏற்படும் சிறிய மாறுபாடும் இரண்டு அலைகளையும் ஒத்த பிறையிலிருந்து எதிர் பிறைக்கு மாற்ற வல்லதாயிருக்கும். ஆகையால் இப்பிறை மாறு பாடு மங்கலைத் தோற்றுவிக்கும். புள்ளி Vயில் இரண்டு வான் அலைகள் சந்திக்கின்றன. இங்கும் மங்கல் தோன்றலாம். இரண்டு வான் அலைகளும் வெவ்வேறு பாதைகளில் Vஐ அடைகின்றன. வான்அலை 1 E படிவத்திலும், வான்அலை2 F படிவத்திலும் பிரதி பலிக்கப்படுகின்றன. இதனுல் ஏதாவதொரு படிவத்தில் அல்லது இரண்டிலுமோ ஏற்படும் மாற்றங்களால் மங்கல் விளையும்.

அதிர்வெண்களைப் பொறுத்து அயனிமண்டலத்தின் பிரதி பலிக்கும் பண்புகள் மாறுவதால், வெவ்வேறு பாதை நீளங்களின் வேறுபாடுகளும் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்தது. அலைப்பண் பேறிய எல்லா சைகைகளுமே அதிர்வெண் பட்டைகள் கொண்டவையாகும் ஆதலால் குறிப்பிட்ட கணங்களில் சிற்சில அதிர்வெண்களே மங்கும் ; மற்றவை மங்கா. இதனுல் தோன்றும் குலைவு 'தேர்ந்த மங்கல்' (Selective fading) என்றழைக்கப்படும்.

நாளுக்கு நாள், திங்களுக்குத் திங்கள், ஆண்டுக்கு ஆண்டு ஏற்படும் ஒழுங்கான அயனிமண்டல மாற்றங்களால் மங்கல் மிக மெதுவாக நிகழும். இதற்கு மேலும் தோன்றும் ஒழுங்கற்ற மாற்றங் கள் சில, மிக அதிகமாக மங்கலை விளைவிக்கும். இதனை ரேடியோ மறைவு (Radio fade out) என்பர். சூரியனிலிருந்து திடீரென்று தோன்றும் சில கதிர்வீச்சுகள் அயனிச்செறிவை அதிகப்படுத்தி மிக அதிகமான அளவில் உட்கவர்தலை எல்லா அதிர்வெண்களிலும் விளைவிக்கும். 1.5 மெகா ஹெர்ட்சியனுக்கு மேற்பட்ட எல்லா சைகைகளும் இதனுல் மறைந்து விடும். இந்த மறைவு 10 நிமிடங் களிலிருந்து 1 மணி நேரத்திற்கு மேலும் நீடிக்கலாம். சில சமயங் களில் அயனிமண்டலச் சூருவளிகள் (Inospherie storms) அயனி மண்டலத்தில் நிலையாமை (unstable) ஏற்படுத்தி 11.5 மெகாஹெர்ட்

சியனுக்கு மேற்பட்ட எல்லா அதிர்வெண்களையும் மங்கச் செய்கின்றன, இவ் வகை மங்கலை படபடப்பு மங்கல் (Flutter fading) என்பர். இது பெரும்பாலும் இரவில் நிகழும். அயனிமண்டலச் சூருவளிகள் இரவில் வானொலி அதிர்வெண் வான்அலைகளைப் பொதுவாக மெலிக்கின்றன ; சில சமயங்களில் வலிவூட்டுகின்றன. உயர் அதிர்வெண்களில் ஓரிரு நாள்களும், தாழ் அதிர்வெண்களில் பலவாரங்களும் அயனிமண்டலச் சூருவளிகள் நீடிப்பதுண்டு.

வளி மண்டலக் குழப்பங்கள் (Atmospherics)

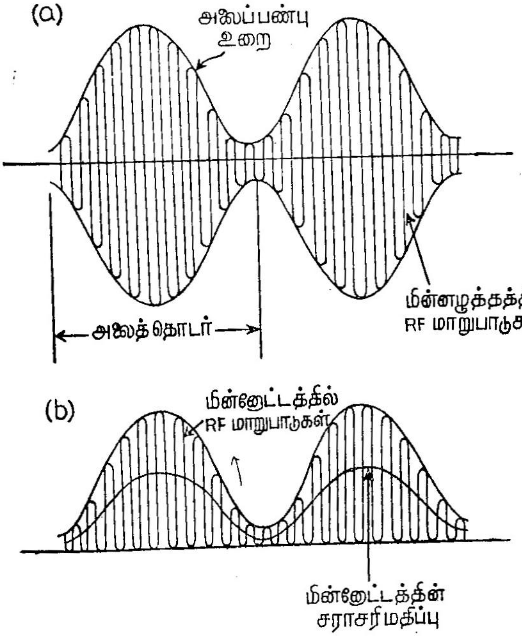
இயற்கையான காரணங்களால் தோன்றும் இரைச்சலை வளி மண்டலக் குழப்பங்கள் என்கிறோம். செயற்கையான காரணங்களால் தோன்றும் இரைச்சலின்றும் வேறுபட்ட இது 'ஸ்டேடிக்' (static) என்றும் அழைக்கப்படும். மின்சார சாதனங்கள், மற்றும் மின்சார எந்திரவியற்கருவிகள், தீப்பொறி அமைப்புகள் (Ignition systems), மின் ஆற்றல் கம்பிகள் (transmission lines), மோட்டார்கள், ஜெனரேட்டர்கள் முதலியன - தோற்றுவிக்கும் மின்காந்த அலைகள் ஏற்பிகளில் தூண்டும் இரைச்சல் செயற்கையானது. ஆனால் இடி, மின்னல்கள் உண்டாக்கும் இரைச்சல் இயற்கையானது. இடியும், மின்னலும் மிகக் குறைந்த நேரத்திற்கே நிகழ்ந்தாலும் அவற்றின் அதிர்வெண் நெடுக்கம் நீளமானது. அதிர்வெண் உயர உயர வளிமண்டலக் குழப்பங்கள் குறை வலிமையுடையன. ஆதலால் தாழ் அதிர்வெண்களில்தான் வளிமண்டலக் குழப்பங்கள் மிகுந்த இடையூறுகளை விளைக்கின்றன. 50 மெகாஹெர்ட்சியனுக்கு மேற்பட்ட அதிர்வெண்களில் இவற்றால் இடையூறு இல்லையெனலாம். இக்குழப்பங்களும் ரேடியோ அலைகளே; ஆனால் இயற்கையாகத் தோன்றியவை. ஆதலால் இவையும் தாங்கள் தோன்றிய விடத்திலிருந்து நெடுந்தொலைவிலுள்ள ஏற்பியிலும்இடையூறுகளைத்தோற்றுவிக்கும். வானொலி, மற்றும் தாழ் அதிர்வெண்களில் வான்அலை பகலில் மிகவும் மெலிக்கப்படுகின்றன. எனவே, பகற்காலக் குழப்பங்கள் தொலைவிலிருந்து வருவதில்லை; உள்ளூர் இடி மின்னல்கள்தாம் அவற்றைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

பருவங்களையொட்டி வளிமண்டலக் குழப்பங்கள் மாறுகின்றன. மேலும் சூரியப் புள்ளி செயல் களாலும் (Sunspot activity) காந்த புயல்களாலும் வளிமண்டலக் குழப்பங்கள் பல ஆண்டுக் காலத்திலும் மாறுகின்றன. 2 முதல் 21 மெகாஹெர்ட்சியன் வரை உள்ள நெடுக்கத்தில் இயற்கை அல்லது செயற்கைக் குறுக்கீடு இல்லாத பொழுதும், சிறிது இரைச்சல் தோன்றுகிறது. இந்த இரைச்சல் ரேடியோ விண்மீன்கள் (Radio stars) அனுப்பும் ரேடியோ அலைகளேயாம்.

15. அலைப்பண்பிறக்கச் சுற்றுகள்

(Detector Circuits)

அலைப்பண்பேறிய ஊர்தி அலையிலிருந்து அலைப்பண்பிறக்கம் செய்தல் ஏற்பிச்சுற்றுகளின் (Receiver circuits) முதன்மையான செயலாகும். இவ்வலைப் பண்பிறக்கம் இரண்டு படிகளில் செய்யப் படவேண்டும்: (1) ரேடியோ அலைத்திருத்தம் (Rectification)



படம் 15.1

அலைப்பண்பிறக்கம்

(*a*) உள்ளிடு சைகை மின்னழுத்தம்

(*b*) அலைப்பண்பிறக்கியில் மின்னோட்டம்

(2) அதிலிருந்து ஊர்தி அலையை நீக்கி, அது சுமந்துவரும் செய்தி பிரித்தெடுத்தல்,

செவியுணர் அலையின் ஓர் அலைவுநேரத்தில், அலைப்பண்பேறிய ரேடியோ அலையின் சராசரி மதிப்பு சுழியாகும்; எனவே அதே அலைவு நேரத்தில் மின்னோட்டத்தின் சராசரி மாறுபாடும் சுழியாகும் [படம் 15.1 (*a*)]. செவியுணர் அலைவு நேரத்தில் உண்டாக்கப்படும் *RF* அலைகள் அலைத்தொடர் எனப்படும். அலைப்பண்பேறிய *RF* அலையில் பல தொடர்ச்சியான அலைத் தொடர்கள் உள்ளன. எனவே, பண்பேறிய *R F* அலைமின்னோட்டத்தின் சராசரி மாறுபாடும் சுழியாகும். அலைப்பண்பேறிய *R F* அலைதிருத்தம் பெற்றால், அதில் ஓர் அரைப்பகுதி நீக்கப்படுகிறது. அதனால், ஒவ்வொரு சைக்கிளிலும் மின்னோட்டத்தின் சராசரி மாறுபாடு சுழியாகாது [படம் 15.1 (*b*)]. மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடுகள் ஊர்தி அலைக்கு அலைப்பண்பேற்றும் *AF* சைகையைப் போன்ற இருக்கும்.

மின்னியல் அலைகளை ஒலி அலைகளாக மாற்றும் ஒலிப்பான்களுக்கு, *R F* அலையின் அதிவேக மாற்றங்களை உணரும் திறன் கிடையாது. எனவே, அலைப்பண்பிறக்கத்தில் *R F* மின்னோட்டக்கூறுகளை வடிகட்ட வேண்டும். அலைப்பண்பேற்ற உறையானது *R F* ஊர்தி அலையின் மீது மேற்பொருந்திய *AF* அலைவடிவம் உடையது. அலைப்பண்பேறிய ரேடியோ அலையின் *A F* கூறுகளை உறையின் *A F* மாறுபாடுகள் தரவல்லன. அலைப்பண்பிறக்கியில் பாயும் மின்னோட்டமானது *RF* மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பிற்குச் சமமாகும். இந்த மின்னோட்டம் அலைப்பண்பேற்ற உறையின் மாறுபாடுகளை மட்டுமே ஒத்து நிகழ்கிறது. இந்த மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண் *AF* என்பதும், அதன் அலைவடிவமும் செவியுணர் அலைவடிவத்தையொத்தது என்பது படம் (15.1 (*b*)]-லிருந்து விளங்கும்.

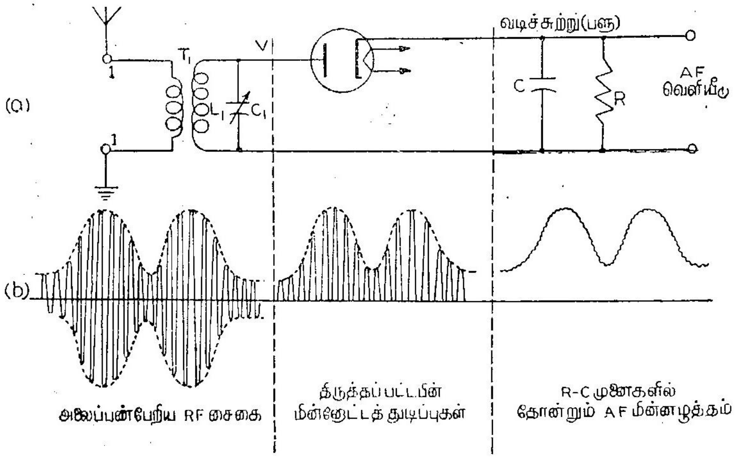
15.1. அலைப்பண்பிறக்கத்துக்கு ஒரு டயோடு அல்லது டிரயோடினைப் பயன்படுத்தலாம். (அ) டயோடு அலைப்பண்பிறக்கம் (Diode detection) (ஆ) கிரிடு-கசிவு அலைப்பண்பிறக்கும் (grid-leak detection) மற்றும் (இ) ஈறிலா மின் எதிர்ப்பு அலைப்பண்பிறக்கம் (Infinite impedance detection) என்பன பலவகைகளில் முக்கியமானவை. டயோடு அல்லது டிரயோடினைப் பயன்படுத்துவதா, மற்றும் எந்த வகைச் சுற்றில் பயன்படுத்துவது என்பதை பின்வரும் பண்புகள் தீர்மானிக்கின்றன: (1) உணர்வுத்திறன் (Sensitivity) (2) சைகை வலிமையை ஏற்கும் திறன் (Signal handling ability) மற்றும் (3) ஒலி மீட்பில் முற்றிசைவு (Fidelity of reproduction). எந்தவகை அலைப்பண்பிறக்கியிலும் இந்த மூன்று பண்புகளும் ஒருங்கே அமைவதில்லை.

சாதாரண வானொலி ஏற்பிகளில் முற்றிசைவு மிகத்தேவை. இச் சுற்றுகளில் திறமையான *AF* பெருக்கிகள் பயன்படுவதால் ஒலி மீட்பில் உணர்வுத்திறன் பெரிதன்று. மற்றும் *R F* சைகைகள் வேண்டிய அளவு பெருக்கப்பட்ட பின்னரே அலைப்பண்பிறக்கியை அடைகின்றன. ஆகையால் வானொலி ஏற்பிகளில் பயன்படும் அலைப்பண்பிறக்கிகள் வலிமையான சைகையைக் கையாளவும், குலை வில்லாமல் முற்றிசைவுடன் ஒலிமீட்கவும் வேண்டும்.

எளிதில் இடம்மாற வசதியான (Portable) ஏற்பிகளில் *R F* பெருக்கிகள் சாதாரணமாக அமைவதில்லை. அதனால் அவற்றில் உள்ள அலைப்பண்பிறக்கிகளுக்கு உணர்வுத்திறன் அதிகமாகத் தேவை. சங்கேதங்களை (Code) ஏற்கும் சுற்றுகளில் முற்றிசைவு அதிகமாகத் தேவையில்லை.

15.1 டயோடு அலைப்பண்பிறக்கம்

டயோடு அலைப்பண்பிறக்கியின் (diode detector) செயல் முறை அரை அலை திருத்தியைப் போன்றதே. அலைப்பண்பேறிய *R F* சைகையானது *R F* உள்ளீடு மின் மாற்றி (R F Input transformer) T_1 வழியாக டயோடு *V*-ன் ஆனோடுக்குச் செலுத்தப் படுகின்றது. தேவையான *R F* சைகையை மட்டும் டயோடுக்குச்



படம் 15.2

(*a*) டயோடு அலைப்பண்பிறக்கச் சுற்று
(*b*) அதனில் அலைவடிவங்கள்

செலுத்துமாறு $L_1 \cdot C_1$ கூட்டு இயைவு செய்யப்படுகிறது. எனவே *V*-ன் ஆனோடு 'நேர்' முனைவு உடையபோது மட்டுமே அது மின் கடத்துகிறது. ஆதலால் *R F*-ன் நேர் அரை சைக்கிளில் டயோடின்

ளு R வழியாக மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. RF-ன் எதிர் அரை சைக்கிளில் மின்னோட்டம் நிகழாது. எனவே டயோடின் வெளியீட்டில் ஊர்தி அலையின் நேர் அரை சைக்கிள்கள் ஏற்படுத்தும் துடிப்புகள் மட்டுமே உள்ளன.

இத் துடிப்புகள் RF-ல் நிகழ்வதால் அவற்றை ஒலிப்பானுக்கு நேர்முகமாக ஊட்டுவதால் பயனில்லை; இத் துடிப்புகளின் உச்ச மதிப்புகள் AF-ல் மாறுகின்றன. அந்த AF மாற்றங்களை மட்டுமே ஒலிப்பானுக்கு ஊட்டவேண்டும். மிக வேகமாக நிகழும் RF துடிப்புகளை வடிச் சுற்று RC-க்கு ஊட்டுவோம். C-ன் மின்தேக்கு திறன் மிக உயர்வானல் அதன் மின் மறுப்பு $\left(X_c = \frac{1}{2\pi f_c}\right)$ RF-க்கு மிகக்குறைவாகவும், AF-க்கு அதிகமாகவும் இருக்கும். எனவே ரேடியோ அதிர்வெண்களுக்கு C ஒரு குறுக்குப் பாதையாகும். AF மின்னோட்டம் C வழியாகப் பாயாமல் R-வழியே பாய்ந்து அதன் முனைகளில் மின்னழுத்தத்தைத் தோற்றுவிக்கும். இந்த மின்னழுத்தத்தைப் பெருக்கி பின்னர் ஒலிப்பானுக்கு ஊட்டலாம்.

வடிச்சுற்று R-C-ன் செயலை விளக்கமாக அறிதல் நன்று. நேர் அரை சைக்கிளில் டயோடு மின் கடத்தும் பொழுது, ஒவ்வொரு மின்னழுத்தத் துடிப்பின் உச்ச மதிப்புக்கு C மின்னேற்றம் பெறுகிறது. R-ன் மின்தடை உயர்வதால் C-ன் மின்னிறக்கம் மெதுவாகவே நிகழும். எனவே அடுத்தடுத்த நேர் மின்னழுத்த துடிப்புகளிடையே, டயோடு (எதிர் அரை சைக்கிள்களில்) கடத்தாத பொழுதும், C. தன்னுடைய மின்னூட்டத்தை இருத்திக்கொள்ளும். எனவே R-ன் முனைகளிடையே உள்ள மின்னழுத்தமானது அடுத்தடுத்த துடிப்புகளிடையே சுழியாவதில்லை; ஆனல் C மெல்ல மின்னிறக்கம் செய்கையில் R-ன் மின்னழுத்தமும் மெல்லக் குறைகிறது. அடுத்தடுத்த RF துடிப்புகளில், புதிய துடிப்பின் உச்ச மின்னழுத்திற்கு C மின்னேற்றம் பெற R-ன் முனைகளிடையேயும் புதிய துடிப்பின் உச்ச மின்னழுத்தம் தோன்றுகிறது. எனவே R-ன் மின்னழுத்தமானது, RF ஊர்தியின் மாற்றங்களை முற்றிலுமாகப் பின்பற்ருமல், RF-ன் உச்ச மின்னழுத்தங்களை மட்டுமே பின்பற்றுகிறது. இந்த உச்ச மின்னழுத்தங்கள் AF-ல் நிகழ்கின்றன என்பதால், R-C வடிச்சுற்று தேவையான செவியுணர் அதிர்வெண்களை மட்டுமே தருகின்றது.

C-ன் மின் தேக்கு திறன் $0.0001\mu F$-லிருந்து $0{\cdot}0003\mu F$ வரை இருக்கலாம். R-ன் மின்தடை $0{\cdot}5$ லிருந்து 3 மெகோம்கள் ஆகலாம். உதாரணமாக, ரேடியோ அதிர்வெண் $1 MH_z$ எனில்,

C-ன் மின்மறுப்பு $X_c = \frac{1}{2\pi \times 10^6 \times 10^{-10}} = \frac{10^4}{2\pi}$ ஓம்கள். மற்றும்

செவியுணர் அதிர்வெண் $= 10\ KH_z$ எனில்,

$$X_c = \frac{1}{2\pi \times 10 \times 10^3 \times 10^{-10}} = \frac{10^6}{2\pi}$$ ஓம்கள் ஆகும். எனவே, செவியுணர் அதிர்வெண்ணில் C-ன் மின்மறுப்பு, ரேடியோ அதிர் வெண்ணில் அதன் மதிப்பைப்போல் 100 மடங்கு ஆகிறது.

$$\text{அலைப்பண்பிறக்கத்திறமை} = \frac{\left[\text{டயோடின் பளுமுனைகளிடை } AF \text{ மின்னழுத்த உச்ச மதிப்பு}\right]}{\left[\text{ஊர்தியின் உச்சவீச்சு} \times \text{அலைப் பண்பேற்ற விகிதம்}\right]}$$

$$\text{Detection efficiency} = \frac{\left[\text{Peak } AF \text{ voltage across diode load}\right]}{\left[\text{Peak amplitude of carrier} \times \text{depth of modulation}\right]}$$

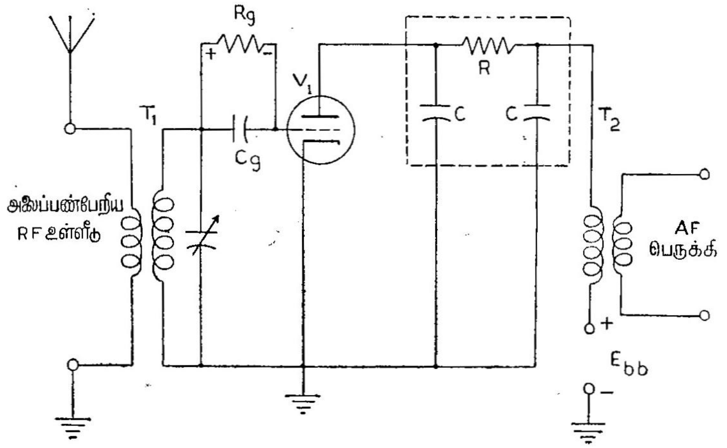
இத்திறமை, செலுத்தப்படும் சைகையின் வீச்சினையும் $R/(R+r_p)$ விகிதத்தையும் பொறுத்தது; (R=பளுமின்தடை; r_p = டயோடின் a.c மின்தடை), சைகையின் வீச்சு ஏறத்தாழ $5V$ இருப்பின், திறமையும் பெருமமாகும். மற்றும் R ஆனது r_p-யைப்போல் 5 மடங்கு இருப்பது உத்தமம்.

டயோடு அலைப்பண்பிறக்க முறை மிகக் குறைந்த குலைவும், மிக நல்ல முற்றிசைவும் கொண்டது. ஆனால், சைகையின் வீச்சு அதிக மாக இருத்தல் வேண்டும். 'சூப்பர்ஹெட்' ஏற்பிகளில்தான் சைகை வீச்சு அதிக அளவில் கிடைக்கின்றது. எனவே 'சூப்பர்ஹெட்' களில்தான் டயோடு அலைப்பண்பிறக்க முறை பயன்படுத்தப்படு கிறது.

15.3 கிரிடு-கசிவு அலைப்பண்பிறக்கம் (Grid-leak detection)

சைகையின் வீச்சுக் குறைவானால் அஃதாவது மெலிந்த சைகை களானால் கிரிடு-கசிவு அலைப்பண்பிறக்கமுறை பயன்படுகிறது. இதற்கான சுற்றுப் படம் (15.3)-ல் காணப்படுகிறது. அலைப்பண் பிறக்கம், மற்றும் பெருக்கம் ஆகிய இரண்டு வேலைகளும் நிகழ்வ தால் இந்தச் சுற்று மிகுந்த உணர்வு உடையதாகும். வால்வின் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு கேத்தோடு பகுதியில் அலைப்பண்பிறக்கமும், கிரிடு-ஆனோடு பகுதியில் பெருக்கமும் நிகழ்கின்றன. கிரிடும் கேத்தோடும் சேர்ந்து அலைத்திருத்திபோல் செயல்படுகின்றன. R_g மின்தடை திருத்தியின் பளுவாகவும், கிரிடு-மின்தேக்கி C_g ரேடியோ அதிர்வெண்களுக்குக் குறுக்குப்பாதையாகவும் பயன்படுகின்றன. அலைப்பண்பேறிய RF சைகை மின்மாற்றி T_1 வழியாகக் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படுகிறது.

தொடக்கத்தில் கிரிடு பயசு (Grid bias) சுழியாகும். கிரிடில் சைகை மின்னழுத்தம் 'நேர்' ஆகும்பொழுது, R_g வழியே கிரிடு



படம் 15.3

கிரிடு-கசிவு அலைப்பண்பிறக்கம்

மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது; C_g-மின்னேற்றம் பெறுகிறது. எனவே R_g-C_g முனைகளிடையே ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு கிரிடுக்கு 'எதிர்ப்' பயசு அளிக்கிறது. *RF*-சைகையின் எதிர்அரைச்சைக்கிளில் மின்னிறக்கம் நிகழாதவாறு C_g-ல் மதிப்பு உயர்வாக இருக்க வேண்டும். ஆகையால், ஒவ்வொரு நேர் அரை சைக்கிளிலும் கிரிடு பயசு அதிகரித்து முடிவில் வெட்டும் பயசு அடைவதால், நேர் அரைச்சைக்கிளில் மட்டுமே கிரிடு மின்னோட்டம் ஏற்படும். எனவே, அரை அலைத்திருத்தம் நிகழ்கிறது. மற்றும், *RF*-க்கு C_g-குறுக்குப் பாதையாதலால், கிரிடு மின்னழுத்தம் *RF*-ல் மாறுகிறது. ஆதலால் கிரிடு மின்னழுத்தத்திற்கு ஏற்றவாறு *RF*-அதிர்வெண்களில் ஆனோடு மின்னோட்டம் உள்ளது. எனவே, பெருக்கமும் நிகழ்கிறது.

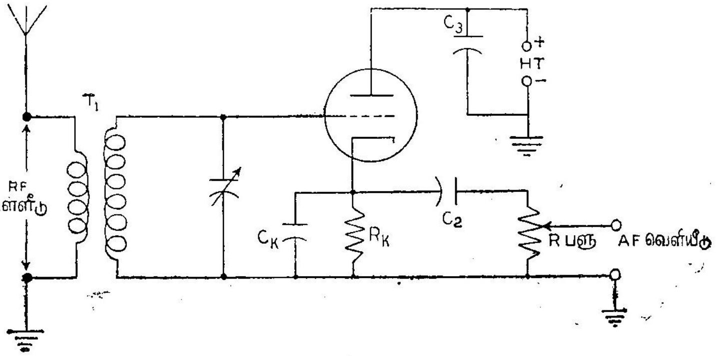
ஆனோடு மின்னோட்டத்தில், *RF*-ம் அதற்கு அலைவீச்சுப் பண்பேற்றிய *AF*-ம் கலந்துள்ளதால் *AF*ஐ மட்டும் வடித்தெடுக்க π கணு வடிச்சுற்று இணைக்கப்படுகிறது. இந்தப் π கணுவில் *C*, *R* மற்றும் *C* உள்ளன. *RF*-அலைவுகளுக்குக் குறுக்குப் பாதையாகுமாறு *C*-ன் மின்மறுப்பு உள்ளது. அதேபொழுதில் *AF*-அலைவுகளுக்கு அஃது உயர்ந்த மின்மறுப்புக் காட்டுவதால், *AF*-மின்னோட்டம் *R*-வழியாகப் பாய்கிறது. இதனால் *R*-ல் தோன்றும் மின்னழுத்த வேறுபாடு *AF*-பெருக்கியின் கிரிடுக்குச்

செலுத்தப்பட்டுப் பெருக்கப்படுகிறது. R-க்குப் பதிலாக ஒரு RF-சோக் பயன்படுத்தலாம்.

மெல்லிய சைகைகளை அலைப்பண்பிறக்க, R_g-ன் மதிப்பு 1 முதல் 5 மெகோம்களும், C_g-ன் மதிப்பு 100 முதல் 300 பிகோஃபாரடுகளும் ஆகலாம்.

15.4 ஈறிலா மின்எதிர்ப்பு அலைப்பண்பிறக்கம் (Infinite impedance detection)

ஹைஃபை (H_i-F_i) AM ஏற்பிகளில் இந்த முறை பெரும்பாலும் பயன்படுகிறது. அதிக வலிமையுடைய சைகைகளைக் குலைவில்லாமல் முற்றிசைவாகவும், கூர்மையாகவும் இது கையாள இயலும். ஆனால் சைகை பெருக்கப்படுவதில்லை. ஏனெனில், இதன் வெளியீடு



படம் 15.4

ஈறிலா மின்மறுப்பு அலைப்பண்பிறக்கம்

கேத்தோடிலிருந்து பெறப்படுகிறது. மிகுந்த பெருக்கம் தரக்கூடிய ஏற்பிகளில் இஃது ஒரு குறையன்று.

படம் (15.4)-ல் காணப்படும் இச் சுற்றில் கிரிடுக்கும் கேத்தோடுக்கும் இடையே ஈறிலா மின் எதிர்ப்பு உள்ளது; எனவேதான் இப்பெயர். எக்கணத்திலும் கிரிடு நேர் மின்னழுத்தம் பெற வாய்ப்பில்லை. கேத்தோடு பயசு முறை பின்பற்றப்பட்டுள்ளது.

கேத்தோடு பளு R_k-ன் பணிகள் பல. முதலாவதாக, அது கிரிடுக்கு ஏறத்தாழ வெட்டுப் பயசு அளிக்கிறது; வெட்டுப் பயசினால், RF-சைகையின் நேர் அரைச்சைச்கிளில் மட்டுமே ஆனோடு மின்னோட்டம் நிகழும். எனவே திருத்தப்பட்ட மின்னோட்டத் துடிப்புகள் R_k-ல் தோன்றுகின்றன; இதுவே திருத்தப்பட்ட செவியுணர் சைகைக்கும் பளுவாகிறது. மின்தேக்கி C_k, RF-

ஊர்தியைக் புவிக்கு அனுப்புகிறது; ஆனால் *AF*-க்கு அஃது உயர் மின்மறுப்புக் காட்டுவதால், *AF*-அலைவுகள் R_k-ல் தோன்று கின்றன. இந்த *AF*-மின்னழுத்தம் C_2 வழியே *AF* பெருக்கிக்குச் செலுத்தப்படுகிறது. பெருக்கியின் உள்ளீட்டைக் கட்டுப்படுத்த மின்னழுத்தப் பகுப்பான் உள்ளது.

மேலும் R_k-கிரிடு சுற்றுக்கும் ஆனோடு சுற்றுக்கும் பொது வானது. எனவே கேத்தோடு பின்பற்றி (Cathode follower) போல இதிலும் எதிராக்கப் பின்னூட்டம் (Degenarative feed back) நிகழ் வதால் குலைவுகள் குறைகின்றன.

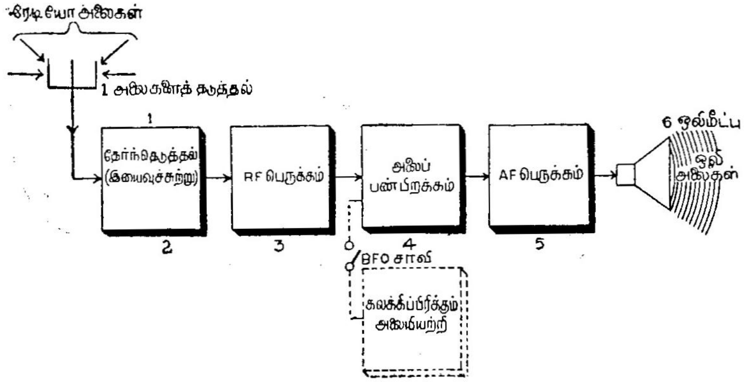
இந்தப் பண்பிறக்கி முன்பு சொல்லப்பட்டவைகளினின்றும் மாறுபட்டது; ஏனெனில், இதன் கிரிடு *RF*-ன் உச்சமதிப்புகளுக்கு உணர்வுடையதன்று. திருத்தப்பட்ட ஆனோடு மின்னோட்டத் துடிப்புகளுக்கு ஒரு சராசரி மதிப்பு உள்ளது. சைகை மின்னழுத் தமானது கிரிடில் அதிகரித்தால், திருந்திய ஆனோடு மின்னோட்டத் துடிப்புகளும் அதிகரிக்கின்றன. எனவே சராசரி மதிப்பும் உயர் கிறது. இந்தச் சராசரி மதிப்பு, சைகை வீச்சினை உண்மையாகப் பின்பற்றுவதால் மூல அலைப்பண்பேற்றத்தை இங்கும் மீண்டும் தருகிறது. சைகையின் வீச்சு மிகுதியாக உயர்ந்தால் (Large signal) R_k-ல் மின்னோட்டம் உயர்ந்து கிரிடுக்குத் தரும் பயசையும் உயர்த்தி விடுகிறது; எனவே கிரிடு நேர் மின்னழுத்தம் பெற வாய்ப்பில்லை; ஆகையால் குலைவு குறைகிறது.

15.5 அலை அதிர்வெண் பண்பிறக்கம் (FM detection)

பரப்பிகளில் அலைவீச்சுப் பண்பேற்றமே (*AM*) பயன்படு கிறது. ஏற்பிகளிலும் அலைவீச்சுப் பண்பிறக்கமே பெரும்பாலும் பயன்படுகிறது. *AM*, *AM* இரண்டு முறைகளுக்கும் குறைநிறைகள் உண்டு. ஆயினும், *AM* முறையே பெரும்பான்மையாகப் பயன் படுவதால் *FM* பண்பிறக்க முறைகள் இங்கு விளக்கப்படவில்லை.

16. ஏற்பிகள்
(Receivers)

16.1 அன்டென்னுவிலிருந்து பரவும் அலைகளில் ஒரு பகுதியை ஏற்பி அன்டென்னு தடுக்க அதனிலிருந்து செய்தியை மீட்டல் ஏற்பிச் சுற்றுகளின் பணியாகும். சைகை எவ்வகையது அல்லது அதன் அலைப்பண்பேற்றம் எவ்வகையது என்பதைப் பொறுத்தல் லாமல், எந்தஏற்பியும் பின்கண்ட ஆறு பணிகளைச் செய்தல் வேண்டும்; படம் (16.1) காண்க: (1) பரவும் ரேடியோ அலைகளை ஏற்பி அன்



படம் 16.1

ஏற்பியின் முக்கிய அங்கங்கள்.

டென்னு தடுக்கின்றது. (2) தடுக்கப்பட்ட பல அலைகளிலிருந்து தேவையான சைகையை மட்டும் இயைவுறு L-C சுற்று தேர்ந்தெடுக்கிறது (3) இப்படித் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட RF சைகையின் வலிமை மிகக் குறைவு; எனவே அதனை இயைவுற்ற ஒன்று அல்லது பல பெருக்கிகள் பெருக்குகின்றன. (4) ஊர்தி அலை சுமந்துவரும் AF சைகையை அதனிலிருந்து பிரித்தெடுக்க வேண்டும். இதற்கு அலைப்பண்பிறக்கச் சுற்று தேவை. ஊர்தி அலையானது அலை

அதிர்வெண்பண்பேற்றம் (FM) பெற்றிருந்தால் அதனிலிருந்து ஒலியீட்டிற்கு 'லிமிட்டர்' (Limiter) தேவையாகும். ரேடியோ தந்தியானுல், கலக்கிப் பிரிக்கும் அலேயியற்றி (Beat-frequency oscillator)-ம் தேவைப்படும்; அப்பொழுதுதான் ஊர்தி அலேயின் இடைவிட்ட இயக்கத்தை (Interruption) ஒலிக்கச் செய்ய முடியும். (5) அலேப்பண்பிறக்கியின் வெளியீடான AF சைகையை ஒலிப்பானே இயக்குமளவிற்கு வலிமையுடையதாக AF பெருக்கிகளால் பெருக்க வேண்டும். (6) பெருக்கப்பட்ட AF சைகையை ஓர் ஒலிப்பான் ஒலி அலேகளாக மாற்ற வேண்டும்.

ஓர் ஏற்பிக்குப் பின்கண்ட மூன்று பண்புகள் முக்கியமாகத் தேவை: (1) உணர்வு திறன் (Sensitivity) (2) தேர்திறன் (Selectivity) (3) முற்றிசை (Fidelity). மிக மெலிந்த சைகையானுலும் அதனைத்தேவையான அளவிற்கு வலிவூட்டி வெளியிடுதல் உணர்வு திறன் ஆகும். தேவையான வலிமையுடைய வெளியீட்டிற்கும் அதனைத்தரக்கூடிய சைகை உள்ளீட்டின் சிறும வலிமைக்கும் உள்ள விகிதத்தைப்பொறுத்து உணர்வு திறன் அதிகரிக்கும்.

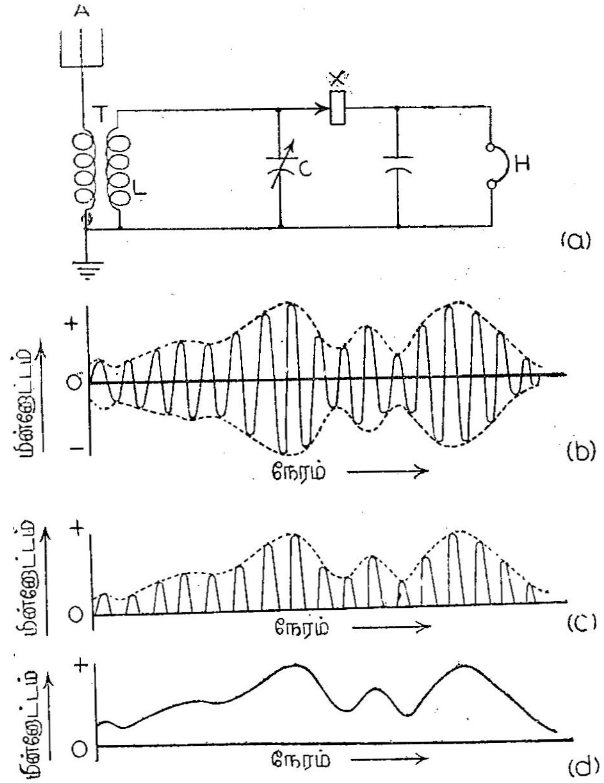
விரும்பப்படும் அதிர்வெண்ணிற்கும் மற்றக் குறுக்கீடுகள் அல்லது வேறு அதிர்வெண்களுக்கும் இடையே வேறுபடுத்தி விரும்பப்படும் அதிர்வெண்ணே மட்டும் பிரித்து எடுத்தல் தேர்திறன் ஆகும். சைகையின் எல்லாப் பண்புகளையும் வெளியீட்டில் தருவது முற்றிசைவு ஆகும்.

16.2 AM ஏற்பிகள் (Amplitude Modulated Receivers)

ஏற்பி எவ்வகையதானுலும் அதன் அடிப்படைப் பணிகள் பொதுவானவை. ஆயினும் வகையைப் பொறுத்து ஏற்பிச் சுற்றுகளில் சில வேறுபாடுகள் உண்டு. எனவே, AM, FM மற்றும் CW ஏற்பிகளேப் பற்றித் தனித்தனியே படித்தல் நன்று. FM ஏற்பிகளே விட AM ஏற்பிகளே பெரும்பான்மையாகப் பயன்படுத்தப் படுவதால் அவற்றைப் பற்றி மட்டுமே இப்பாடத்தில் கூறப்படும்.

படிக ஏற்பி (Crystal receiver): ரேடியோ ஏற்பிகளின் அடிப் படைத் தத்துவங்களே எளிதில் விளக்க வல்லது படிக ஏற்பி அல்லது கிரிஸ்டல் ஏற்பி. கலினு, சிலிகான், கார்பொரண்டம் போன்ற தாதுப் படிகங்கள் இவ்வகையில் பயன்படுகின்றன. படம் 16.2 காண்க. அன்டென்னுவால் தடுக்கப்பட்ட RF சைகை யானது ஓர் ஏற்று மின் மாற்றி (Step up transformer) வழியாக L-C தொட்டிச் சுற்றுடன் பிணேக்கப்படுகிறது. இத் தொட்டிச் சுற்றின் மின்நிலேமம் L மின்மாற்றின் துணைச் சுருளாகவும் பயன் படுவது காண்க. மின்மாற்றி ஓரளவிற்கு RF பெருக்கம் தருகிறது. விரும்பப்படும் RF ஊர்தி அலேயின் அதிர்வெண்ணுக்கு LC சுற்று

இயைவு செய்யப்படுகிறது. படிகமானது ஒரு திசையில் மட்டுமே மின்னோட்டத்தை அனுமதிக்கும்; எதிர்த்திசையில் அனுமதிக்காது.



படம் 16.2

படிக ஏற்பிச் சுற்றும் அதன் செயலும்

(*a*) படிக ஏற்பிச்சுற்று (*b*) *RF* ஊர்திச்சைகை

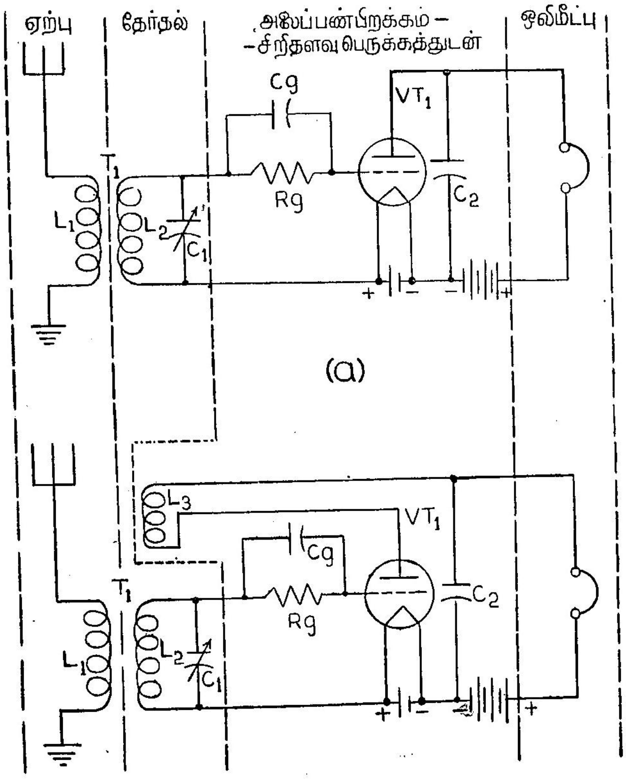
(*c*) திருத்தப்பட்ட சைகை (*d*) செவியுணர் சைகை

எனவே, படிகம் *RF* அலையைத் திருத்துகிறது. மாற்றுவழி மின் தேக்கி (Bypass capacitor) ஒன்று வடிச்சுற்றுகிறது; இது *RF* மின்னோட்டத் துடிப்புகளுக்கு மாற்று வழியாவதால்—குறுக்குப் பாதையாவதால்—அவை காதொலிப்பான் (Head phones) வழியே பாய்வதில்லை. ஆனால் அந்த மின்தேக்கி *AE* அதிர்வெண்களுக்கு மிகுந்த மின்எதிர்ப்பு காட்டுகிறது; எனவே *AF* மின்னோட்டம் (அதனைத் தவிர்த்து) காதொலிப்பான் வழியே பாய்கிறது. இந்த மின்னோட்டத்தைக் காதொலிப்பான் ஒலி அலைகளாக மாற்றுகிறது.

படிக ஏற்பிக்கு அதிகத் தேர்திறன் (Selectivity) கிடையாது. அதனால் அடுத்தடுத்த இரண்டு *RF* சைகைகளிடையே வேறு படுத்த இயலாது மற்றும் போதுமான பெருக்கமும் அதனில் ஏற்படுவதில்லை. ஆகையால் இந்த ஏற்பி தற்காலத்தில் பயன் படுவதில்லை.

16.3 ஒற்றைக் குழாய் ஏற்பி (Single Tube Receiver)

படிக ஏற்பியில் உள்ள குறைகளை நிவர்த்திக்கப் படிகத்திற்கு பதிலாக ஒரு டிரயோடைப் பயன்படுத்தலாம். அப்படிப்பட்ட அமைப்பை ஒற்றைக் குழாய் ஏற்பி என்பர். இதனில் இரண்டு வகைச் சுற்றுகளைப் படம் (16.3)-ல் காண்க. (*a*)-ல் காணப்படும்



(b)

படம் 16.3

ஒற்றைக்குழாய் ஏற்பிகள்

(*a*) சாதாரண ஏற்பி-கிரிடு கசிவு அலைப்பண்பிறக்கமுடையது; (*b*) சாதாரண ஏற்பி-ஆக்க அலைப்பண்பிறக்கமுடையது.

கிரிடு-கசிவு அலைப்பண்பிறக்கச் சுற்றுச் செயல்படும் முறை முன்னரே பகுதி (15.3)-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. சைகையின் வலிமை சிறிது பெருக்கப்பட்டாலும் அது காதொலிப் பானை இயக்குவதற்கே பயன்படும். (*b*)-ல் காணப்படும் ஆக்க அலைப்பண்பிறக்கச் சுற்று ஓர் இயைவு கிரிடு அலையியற்றியின் நகலே. ஆனல், ஆனேடு சுற்றிலிருந்து கிரிடு சுற்றுக்

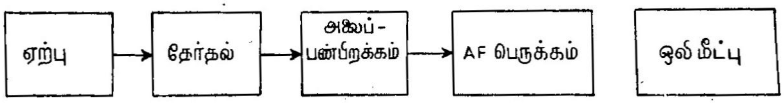
குப் பின்னூட்டப்படும் ஆற்றல் அலையியற்றுவதற்குத் தேவை யானதைவிடக் குறைவாகும். இவ்விதமாக ஆற்றல் பின்னூட்டப் படுவதால் கணிசமான அளவிற்குப் பெருக்கமும் நிகழ்கிறது. அத னால் உள்ளீடு மின்னழுத்தத்திற்கும், வெளியீடு மின்னழுத்தத்திற் கும் உள்ள விகிதம் அதிகரித்துச் சுற்றின் உணர்வுதிறனை உயர்த்தும். ஆக்கப் பின்னூட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த மின்தேக்கி C_2 ஐச் சீரமைக்கலாம்; அல்லது L_2 மற்றும் L_3 இடையேயுள்ள பிணைப்பைச் சீரமைக்கலாம்.

RF பெருக்கம் பெற, ஆக்கப் பின்னூட்டம் சிக்கனமான ஒரு முறை. ஆனாலும் இச் சுற்று பல குறைகளுடையது. இவை : (1) தகுந்த அளவு ஆக்கப்பின்னூட்டத்திற்கான சீரமைப்பு கடின மானது. (2) ஆக்கப்பின்னூட்டம் மாறுநிலை (Critical) யான அளவு உயர்ந்தால், அலைகள் இயற்றத் தொடங்கும். இதனால் ஏற்பி ஊளையிடும். (Squeal) (3) அலையியற்றியாகிவிட்டால் இந்தச் சுற்று பரப்பியாகச் செயல்படத் தொடங்கும்.

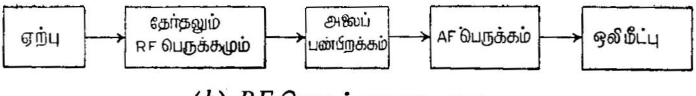
வானொலியின் ஆரம்பகாலத்தில் பரவலாகப் பயன்பட்ட இச் சுற்று, மேற் சொன்ன குறைகளால் தற்காலத்தில்- சிக்கன மாயிருந்தாலும் பயன்பட வில்லை. ஆனால் இத்தத்துவம் விரிவாக்கப்பட்டு 'ஆட்டோடைன்' பண்பிறக்கியாக ரேடியோ தந்தியில் பயன்படுகிறது. இதனைப்பின்னர்ப் பகுதி (16.6)-ல் படிப்போம்.

16.4 நேர் ஏற்பி அல்லது இயைவுறு ரேடியோ அதிர் வெண் ஏற்பி (Straight receiver or TRF receiver) :

ஒற்றைக் குழாய் ஏற்பிச் சுற்றுகள் ஒலிப்பானை (Loud speaker) இயக் குமளவிற்கு ஆற்றலை வெளியிடவில்லை. இக் குறையை நீக்க ஒன்று



(*a*) *AF* பெருக்கமுடையது.



(*b*) *RF* பெருக்கமுடையது.

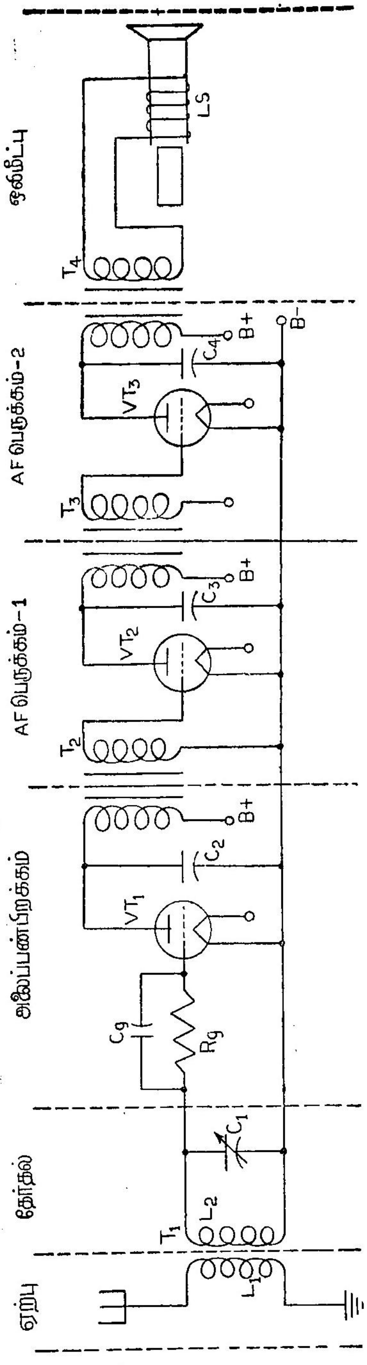
படம் 16.4

சாதாரண ஏற்பி

அல்லது பல *AF* பெருக்கிகளைப் படம் [16.4 (*a*)]-யில் காண்பது போல் இணைக்கலாம். *AF* பெருக்கிகளை மின்மாற்றிப் பிணைப்பாலோ

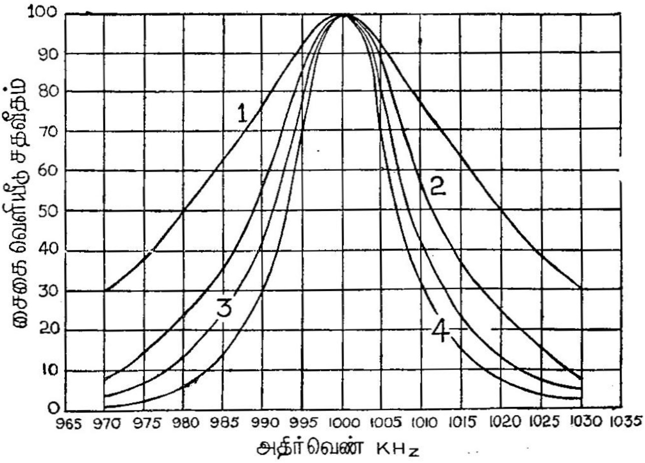
அல்லது (R-C) பிணைப்பாலோ இணைக்கலாம். படம் 10. படம் [16.3 (a)]-ல் காணப்படும் ஒற்றைக் குழாய் ஏற்பியுடன் இரண்டு தட்டு AF பெருக்கிகள் இணைக்கப்படுவது படம் (16.5) -ல் காணப்படுகிறது. முதல் தட்டு AF பெருக்கி மின்னழுத் தப்பெருக்கமும் செய்யகின்றன. இச் சுற்றின் தேர்திறன் மிகக் குறைவு ஏனெனில், AF பெருக்கிகள் பண்பிறக்கியிலிருந்து தாங்கள் பெறும் எல்லாச் சைகைகளேயும் பெருக்குகின்றன. எனவே, விரும்பப்படும் வானொலி நிலையத்தைத் தவிர மற்ற நிலையங்களும் பரப்பும் அலைகளும் ஓரளவிற்குப் பெருக்கப்படுவதால் ஏற்பியின் ஒலி மீட்பு பின்னின்ற 'ஹம்' (Background hum) ஒலியுடன் தரங்குறைந்திருக்கும்.

தேர்திறனை அதிகரிக்க, ஒன்று அல்லது பல இயைவுச் சுற்றுகளை இணைக்கலாம். ஒவ்வொரு சுற்றுக்கும் ஒரு குழாய் தேவையாதலால் ஒவ்வொரு தட்டிலும் பெருக்கமும் கிடைக்கிறது. இணைக்கப்படும் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் இயைவும், பெருக்கமும் ஒருங்கே நிகழ்வதால் இதனை இயைவுறு ரேடியோ அதிர்வெண் பெருக்கம் (Tuned radio frequency amplification) என்பர். இது படம் [16.4 (b)]-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இரண்டு முறை இயைவு செய்யப்படுவதால் தேர்த்திறன் அதிகரிக்கிறது; எவ்வாறு என்றறிய படம் (16.6) ஐக் கவனிக்க. தேர்ந்தெடுக்கவேண்டிய அதிர்வெண் 1000 kH_z என்க. முதல் இயைவுச் சுற்றில் 995 kH_z அல்லது 1005 kH_z அதிர்வெண் 92% வெளியீடாகிறது. இரண்



படம் 16.5

இரண்டு தட்டு AF பெருக்கமுடைய சாதாரண ஏற்பி.



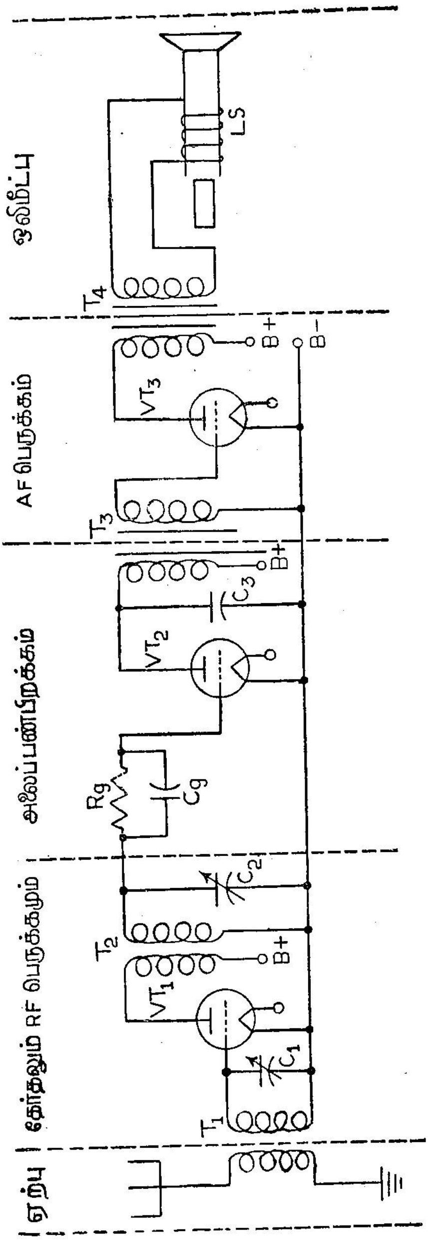
படம் 16.6
இயைவுச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்துத் தேர்த்திறன் உயரும் விதம்.

டாவது இயைவுச் சுற்றில் இதே அதிர்வெண் $92\% \times 92\% = 84.6\%$ ஆகிறது. அதே அதிர்வெண்கள் மூன்ருவது சுற்றிலிருந்து வெளியீடாகும்பொழுது $84.6\% \times 92\% = 77.8\%$ ஆகிறது. இதுபோல் தேவையற்ற அதிர்வெண் வெளியீடாகும் சதவீதத்தைக் கணக்கிடலாம். ஆனுல் விரும்பப்படும் 1000 $_kH_x$ அதிர்வெண் மட்டும் தொடர்ந்து 100% வெளியீடாகிறது. இதனுல் இயைவுச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரித்தால் தேர்த்திறன் அதிகரிக்கிறது. இந்த எண்ணிக்கைக்கும் வரம்பு உண்டு. நல்ல முற்றிசைவு வேண்டுமெனில் ஊர்தி அலையின் பக்கப் பட்டைகள் (Side bands) தடுக்கப்படக் கூடாது. பக்கப்பட்டையின் அகலம் 10 kH_z என்றறிவோம், எனவே விரும்பப்படும் அதிர்வெண் f எனில் $f+10kH_z$ அதிர்வெண் வெளியீடு 70.7 சதவீதத்திற்குக் குறையாதவரை இயைவுச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை உயர்த்தலாம்.

TRF ஏற்பி என்பது ஏற்கும் சைகையை ஒன்று அல்லது பல இயைவு ரேடியோ அதிர்வெண் பெருக்கிகள் வழியே செலுத்தி ஏற்கபட்ட அதே அதிர்வெண்ணிலும் அலைவடிவத்திலும் பண்பிறக்கிக்கு ஊட்டுவது ஆகும். படம் (16.7-ல் ஒரு *TRF* பெருக்கி, ஒரு பண்பிறக்கி, ஒரு *AF* பெருக்கி ஆகிய மூன்றும் இணைந்த *TRF* ஏறபிச்சுற்று காணப்படுகிறது. இச்சுற்றில் இரண்டு முறை இயைவு செய்யபடுவதால் தேர்திறன் அதிகரித்துள்ளது. *TRF* பெருக்கம் எவ்வாறு நிகழ்கிறது என்பதைப் பாடம் 10-ல் படித்தோம். இந்த ஏற்பியை நேர்ஏற்பி (Straight receiver) என்பதுமுண்டு.

மலிவான வானொலி ஏற்பிகள் *TRF* ஏற்பிகள்தாம். இவற்றில், சாதாரணமாக இரண்டு *RF* பெருக்கிகளும் இணைந்துள்ளன. டிரயோடுகளை விடத் திறமையான பென்ட்டோடுகள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. மேலும் இவை *AC*-யினால் செயல்பட்டால் ஒரு டயோடு திருத்தியும் அதனில் இணைந்திருக்கும். வெவ்வேறு தட்டுகளிடையே இயைவுறு *RF* மின்மாற்றியினால் பிணைப்பு இருக்கலாம். ஆனோடு அலைப் பண்பிறக்கி பயன்படுகிறது. மூன்று இடங்களில் இயைவு செய்ய வேண்டியிருப்பதால் மூன்றடுக்கு மாறுமின்தேக்கி (**Three-gang variable capacitor**) உபயோகிக்கபடுகிறது. இந்தச் சுற்று படம் (16,8)-ல் காணப்படுகிறது.

(1) அண்மையான மற்றும் ஒருசில வலிமையான நெடுந்தொலைவு வானொலி நிலையங்களை ஏற்கத் தேவையான தேர்திறன் (2) வீட்டில் பயன்படும் அளவிற்கு ஒலிப் பெருக்கம் (3) நல்ல முற்றிசைவு (4) உயர்வான சைகை-இரைச்சல் விகிதம் (Signal to noise ratio) ஆகியன கொண்டது இச் சுற்று. இந்த ஏற்பி நடுத்தர மற்றும் நீள்அலைகளில் வானொலி ஏற்புக்கு உகந்தது. அந்த அலை நீளங்களில் கணிசமான தேர்த்திறனும், உணர்வுத் திறனும் உடையது. ஆனால் குற்றலைகளில் (உயர் அதிர்



படம் 16.7
நேர்ஏற்பி

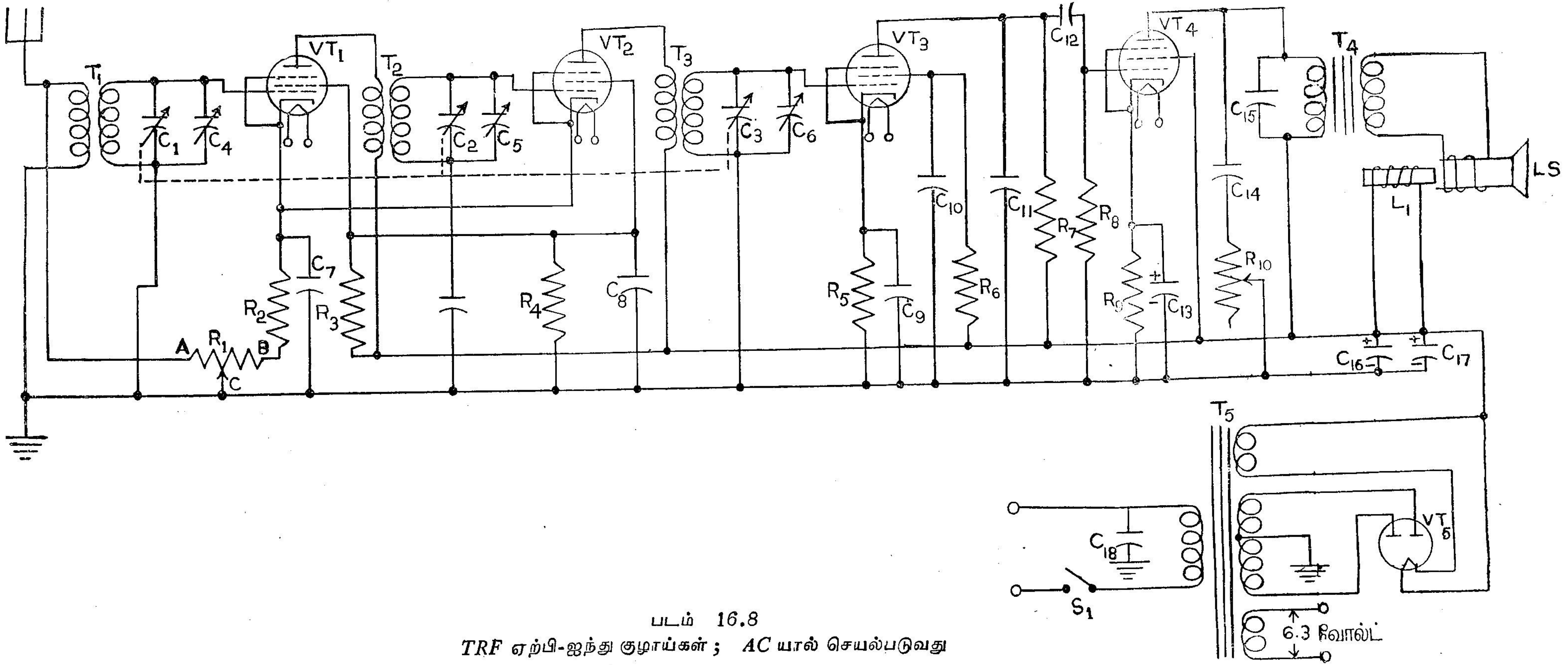
வெண்களில்) அதிர்வெண் உயர உயர அதன் தேர்திறன் குறைகிறது; மாருக உணர்வுத்திறன் உயரும். மூன்று இடங்களிலாவது இயைவு செய்ய வேண்டியிருப்பதால் ஏதாகிலும் ஓர் இடத்தில் இயைவு குறைந்தாலும் செயல்திறன் குறையும். மேலும் மூன்று அடுக்கு மின்தேக்கியில் பிணைப்புகள் தோன்றி விரும்பத்தகாத மின்னூட்டத்திற்கு வழிகோலும். சைகையின் வலிமையில் தொடர்ச்சியான மாற்றங்கள் ஏற்பட அதன் காரணமாக ஒலிமீட்பில் அதிருப்திகரமான (Unpleasant) ஏற்ற இறக்கங்கள் தோன்றும். இக் குறைபாடுகள் அனைத்தும் 'சூப்பர் ஹெட்ரொடைன்' (Super hetrodyne) ஏற்பியில் நீக்கப்படுகின்றன.

16.5 கலக்கிப்பிரித்தல் அல்லது ஹெட்ரொடைன் (Heterodyne action)

சங்கேதங்கள் ரேடியோ அலைகளாகப் பரப்பப்படும் பொழுது அலைகள் இடைவிட்டு இயங்குகின்றன. இந்த இடைவிட்ட இயக்கம் மோர்சு சங்கேதத்தின் (Morse code) டிட், டா (Dits and dabs) அதாவது புள்ளிகள், கோடுகள் (Dots and dashes) - ஆகியவற்றிற்கு ஏற்ப உள்ளன. டிக் அல்லது டா பரப்பப்படும்பொழுது மாருவீச்சுடைய *RF* சைகை ஒன்று பரப்பப்படுகிறது. இதுவே *C-W* பரப்பல் (continuous wave transmission) என்று முன்னரே படித்தோம்.

CW சைகையொன்று முற்கூறபட்ட பண்பிறக்கச் சுற்றுகளுக்கு உள்ளீடு ஆனல் *RF* அலைதிருத்தப்படும்; எனவே, இடைவிட்ட மின்னோட்டமானது மாருத வீச்சுடன் பண்பிறக்கியிலிருந்து வெளியீடாகும். இந்த வெளியீடு காதொலிப்பானுக்கோ, ஒலிப்பானுக்கோ செலுத்தபட்டால் ஒரு 'கிளிக்' ஒலியையே ஒவ்வொரு 'டிட்', 'டா'வின் தொடக்கத்திலும் இறுதியிலும் தோற்றுவிக்கும். பரப்பி அனுப்பு கின்ற சங்கேதங்களையே மீட்கக் கலக்கிப் பிரித்தல் முறை பயன்படுகிறது.

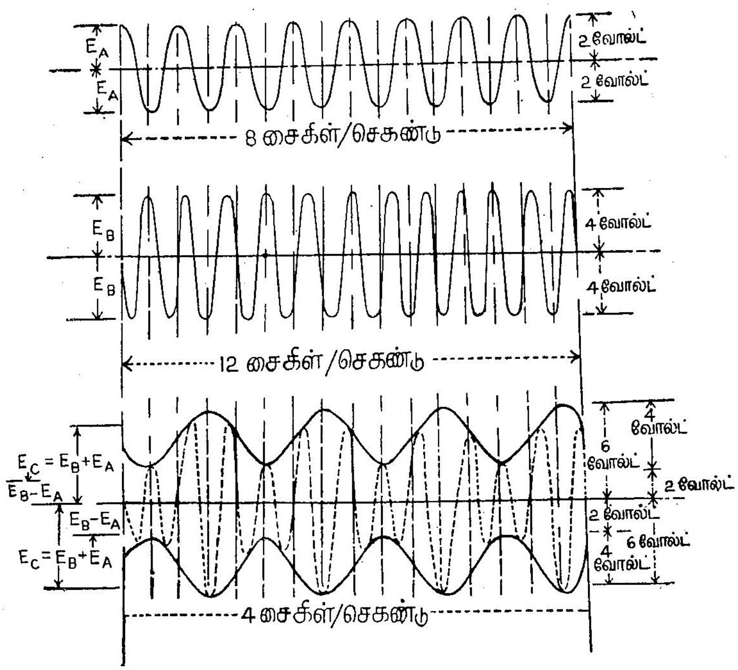
வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுடைய இரண்டு மாறுதிசை மின்னழுத்தங்களைக் கலந்து இரண்டிலும் வேருன மூன்ருவது அதிர்வெண்ணுடைய சைகை மின்னழுத்தத்தை ஒரு பண்பிறக்கியிலிருந்து பெறுவ்து கலக்கிப் பிரித்தல் எனப்படும். வெளியீடு அலையின் உறை (Envelope)-யின் வீச்சானது, கலக்கபட்ட இரண்டு அதிர்வெண்களின் வேறுபாடாகிய அதிர்வெண்ணில் மாறும். வெளியீடு மின்னழுத்தத்தின் வீச்சு நெடுக்கத்தை (Range of amplitude swing) கலக்கப்படும் இரண்டு மின்னழுத்தங்களின் கூட்டுத்தொகையும், வேறுபாடும் தீர்மானிக்கின்றன. (படம் 16.9)-ல் கலக்கப்படும் *A* மற்றும் *B* அலைகளும் அவற்றின் தொகுப்பான *C* அலை



படம் 16.8

TRF ஏற்பி-ஐந்து குழாய்கள் ; *AC* யால் செயல்படுவது

யும் காணப்படுகின்றன. சைகை A-ன் அதிர்வெண் 8 சைகிள் செகண்டு; B-ன் அதிர்வெண் 12 சைகிள்/ செகண்டு. தொகுப்பு



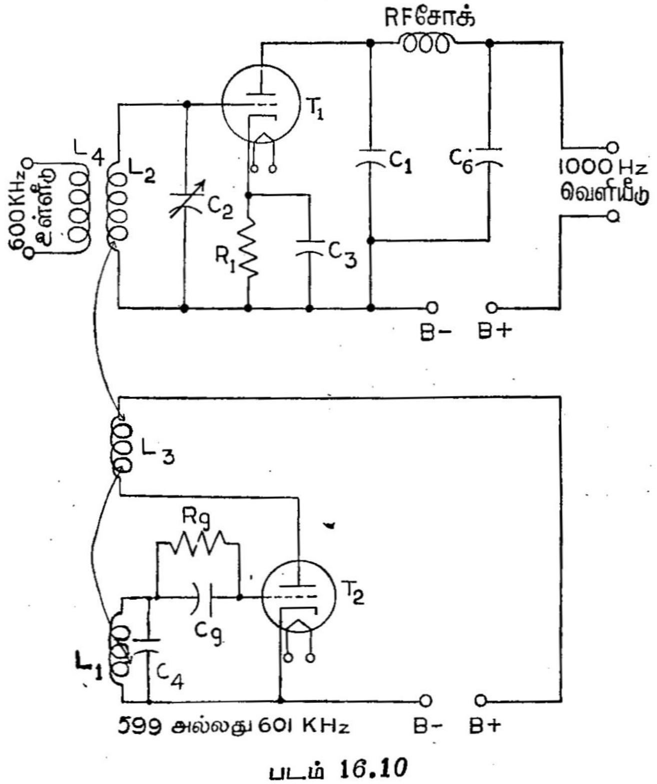
படம் 16.9

கலக்கிப் பிரித்தலின் விளைவு.

C-ன் அதிர்வெண் 12 − 8 = 4 சைக்கிள்/செகண்டு. சைகைகள் A மற்றும் B-ன் பெரும மின்னழுத்தங்கள் முறையே 2 மற்றும் 4 வோல்ட்கள். எனவே தொகுப்பின் மின்னழுத்தம் E_b-E_a லிருந்து $E_b + E_a$ வரை மாறும்; இந்த உதாரணத்தில் 4-2 = 2 வோல்ட்டி லிருந்து 4 + 2 = 6 வோல்ட் வரை மாறும். இந்த உதாரணத்தில் கூறப்பட்ட அதிர்வெண்கள் மற்றும் மின்னழுத்தங்களின் மதிப்புகள் கலக்கிப் பிரிக்கும் முறையை விளக்கவே பயன்படுத்தப் பட்டன; அவை நடைமுறையில் காணப்படாதவை. ஏற்பிகளின் RF சுற்றுகளில் காணப்படும் அதிர்வெண்களும் மின்னழுத்தங் களும் மேலே விளக்கபட்டது போல் கலக்கிப் பிரித்தல் முறைக்கு உள்ளாகின்றன.

கலக்கப்படும் இரண்டு அதிர்வெண்களில் வேறுபாடு செவி யுணர்வாயின் விம்மல் அதிர்வெண் (Beat frequency) என்றும், ரேடியோ அதிர்வெண்ணுயின் இடைநிலை அதிர்வெண் (Intermedi-

ate Frequency-IF) என்றும் வழங்கப்படும். கலக்கிப் பிரிக்கபட்ட சைகை (Hetrodyne signal) யின் சராசரி வீச்சு திருத்தப்பட்டபின் இடைநிலை அதிர்வெண்ணில் மாறுபடும். *C-W* அலையை செவியுணராது. அதனை வேறு ஒரு தகுந்த அதிர்வெண்ணுடைய அலையுடன் கலக்கிப் பிரித்தால், செவியுணர் அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் அலைகளைப் பெறலாம். இதனைக் கலக்கிப் பிரிக்கும் சங்கேத ஏற்பு (Heterodyne code reception) என்பர். இவ்வகை ஏற்பில் ஏறத்தாழ *1000* சைக்கிள் மதிப்புடைய (இதனைச் செவியுணரும்) விம்மல் அதிர்வெண் கிடைக்குமாறு உள்ளீடு சைகையும் மற்றொரு புதிய சைகையும் கலக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக *600* kH_z *C-W* ரேடியோ அலையுடன் *601* அல்லது *599* kH_z அலையைக்கலந்தால் இவற்றின் வேறுபாடு *601-600* அல்லது $600\text{-}599 = 1kH_z = 1000H_z$ அலை கிடைக்கும்.



படம் 16.10

கலக்கிப் பிரிக்கும் சுற்று

கலக்கிப்பிரிக்கும் முறையின் மற்றொருபயன் இடைநிலை அதிர்வெண் பெருக்கி (Intermediate Frequency Amplifier) களிலாகும்.

RF பெருக்கிகளின் உணர்திறன் அதிர்வெண் உயர்வைப் பொறுத்துக்குறைகிறது. நீண்ட அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் திறமையுடன் செயல்பட *RF* பெருக்கி அமைப்பதை விட ஒரு குறிப்பிட்ட *IF* அதிர்வெண்ணில் திறமையாகச் செயல்பட *RF* பெருக்கியை அமைப்பது எளிதாகும். இதனுற்ருன் 'சூப்பர்ஹெட்' ஏற்பிகள் அமைகின்றன.

கலக்கிப் பிரிக்கும் சுற்று (Hetrodyne circuit) படம் (16.10)-ல் காணப்படுகிறது. இதனில் ஆனேடு பண்பிறக்கிச் சுற்று ஒன்றும் *TF* அலையியற்றி ஒன்றும் உள்ளன. அலையியற்றியின் அதிர்வெண் உள்ளீடு சைகை அதிர்வெண்ணைவிட அதிகமாக அல்லது குறைவாகுமாறு சீரமைக்கப்படுகிறது. அலையியற்றியின் மின்னேட்டம் L_3-ல் பாய்கிறது. L_2-உடன் L_3 மின்நிலைமப் பிணைப்பு (Inductive coupling) உடையதால், உள்ளீடு சைகையும், அலையியற்றியின் வெளியீடும் ஆனேடு பண்பிறக்கியின் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படுகின்றன. எனவே கலக்கிப் பிரித்தல் நிகழ்கிறது.

16.6 ஆட்டோடைன் சுற்று (Autodyne circuit)

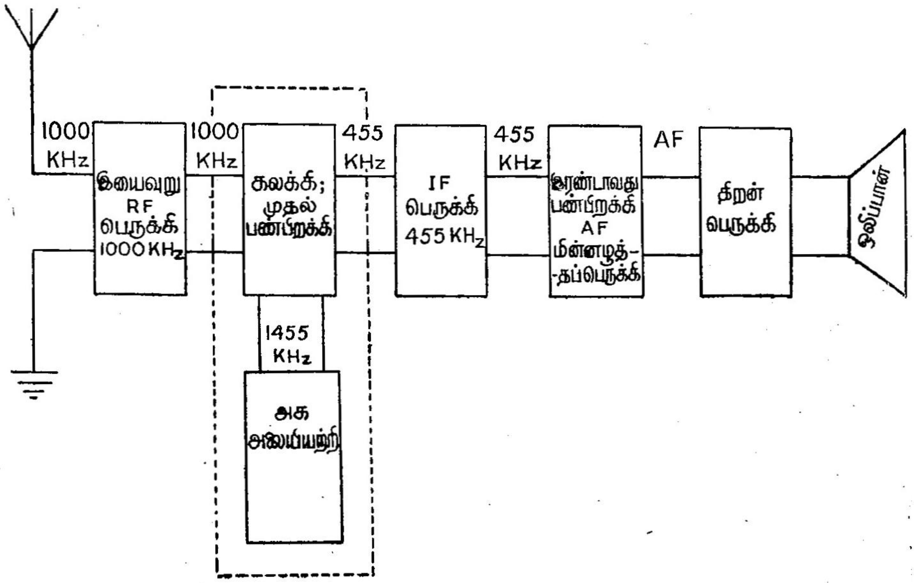
பகுதி (16.3)-ல் ஆட்டோடைன் செயலைப்பற்றிக் குறிப்பிட்டோம். ஆக்கப் பின்னூட்டம் அதிகரித்து குறிப்பிட்ட மதிப்பை -மாறுநிலை மதிப்பை-அடையும் பொழுது பண்பிறக்கியானது அலையியற்றியாக வேலைசெய்கிறது. இதனுல் பண்பிறக்கும் குழாயிலேயே தோன்றும் அலைகளும், அதற்கு உள்ளீடாகும் சைகை அலைகளும் கலந்து அதன் வெளியீட்டில் விம்மல் அதிர்வெண்ணில் அலைகள் தோன்றும். எனவே, கலக்கிப்பிரித்தல் தானுகவே-தனியான அலையியற்றியின் உதவியின்றி-நிகழ்கிறது. இதனை 'ஆட்டோடைன்' செயல் என்கிறேம். எனவே படம் [16.3(*b*(-ல்] ஏற்கப்படும் சைகையின் அதிர்வெண்ணைவிட 1000 சைகிள் அதிகமாக (அல்லது குறைவாக) L_2-C_1 தொட்டிச் சுற்றின் அதிர்வெண் இருக்குமாறு அதனை இயைவு செய்வித்தால் விம்மல் அதிர்வெண் 1000 சைகிள்கள் ஆகும். அத்துடன் L_2, L_3 இடையே மாறுநிலையான பின்னூட்டத்திற்கு அவை சீரமைக்கப்படவேண்டும்.

C-W ஏற்பில் ஆட்டோடைன் பண்பிறக்கம் பின்கண்ட காரணங்களால் பெரும் பான்மையாகப் பயன்படுகிறது: (1) எளிமையான சுற்று (2) ஒரே ஒரு சீரமைத்தல் (3) இரண்டு *RF* பெருக்கிகளும் ஒரு கலக்கிப்பிரிக்கும் குழாயும் சேர்ந்துதரக்கூடிய ஆற்றலின் ஒரேயொரு ஆடோட்டைன் குழாயிருந்து பெறலாம்.

16.7 'சூப்பர்ஹெட்ரோடைன்' அல்லது 'சூப்பர்ஹெட்' ஏற்பி

பின்கண்ட காரணங்களால் *TRF* ஏற்பியைவிட சூப்பர்ஹெட் ஏற்பி சிறந்தது : (1) அதிகமான உணர்திறன் (2) வானொலி அதிர்வெண்களில் சீரான உணர்திறன் (3) நிலைப்பாடு உடைய செயல்திறன் (4) பல *RF* பெருக்கிகள் தரும் பெருக்கம் முழுவதும் ஒரேயொரு *IF* பெருக்கியில் பெறலாம்; (5) இடைநிலை அதிர் வெண்ணின் ஒரே மதிப்பில் பெருக்கம் நிகழ்வதால் ஒவ்வொரு பெருக்கியிலும் அதிகமான பெருக்கம் காணப்படும்.

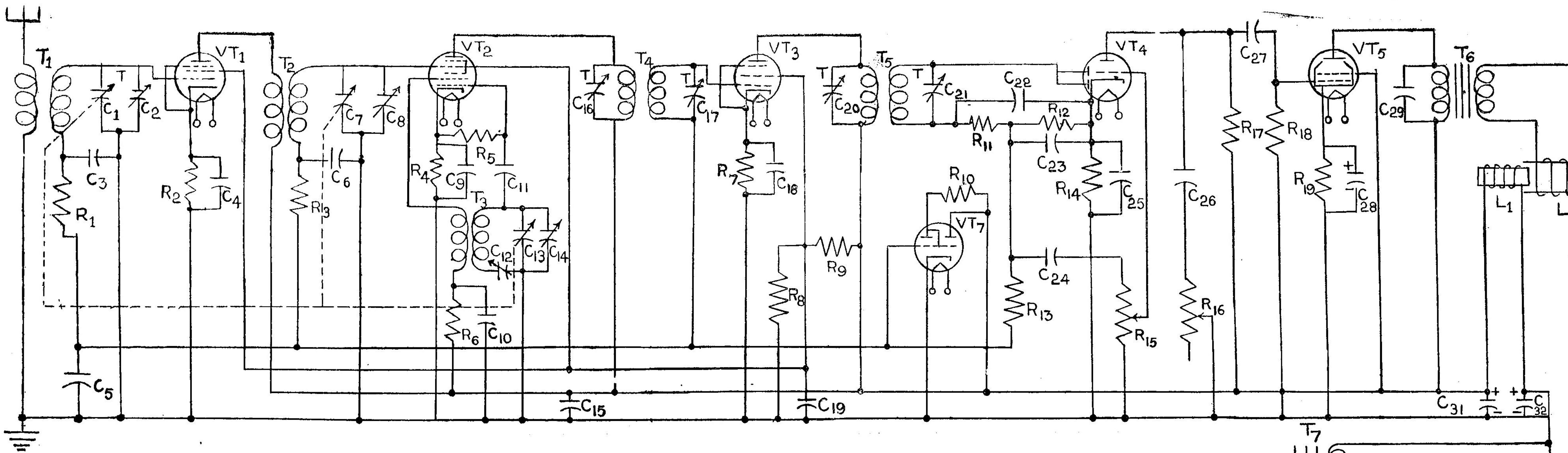
இப் பெருக்கியின் கொள்கை விளக்கம் படம் (16.11) ஆகும். இதன் முக்கிய அங்கங்களின் பெயர்கள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன

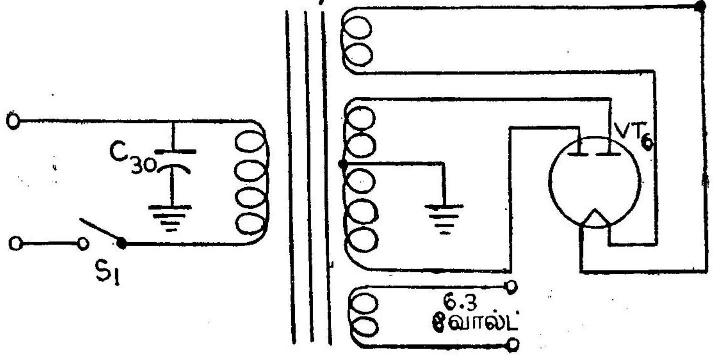


படம் 16.11

'சூப்பர்ஹெட் ஏற்பி' கொள்கை விளக்கம்.

1000 kH_z ரேடியோ அலையை அது ஏற்பதாகக் காட்டப் பட்டுள்ளது. அன்றென்று தடுத்து ஏற்கின்ற பல ரேடியோ அலை களில் 1000 kH_z அலையை மட்டும் *RF* பெருக்கி பெருக்குகிறது. இந்த *RF* பெருக்கி 1000 kH_zக்கு மிகச் சரியாக இயைவு செய்யப் படவேண்டும் என்ற அவசியமில்லை; இயைவு சிறிது விலகி இருந் தாலும் பாதகமில்லை. இரண்டாவது கட்டத்தில் ஒரு 5 கிரிடு மாற் றிக்குழாய் (Pentagrid converter) அல்லது டிரயோடு-ஹெக்சோடு உள்ளது. இதுவே அக அலையியற்றியாகவும், அதிர்வெண் மாற்றி





படம் 16.12
'சூப்பர்ஹெட்' ஏற்பி

யாகவும் பயன்படுகிறது. *TRE* பெருக்கியின் வெளியீடு இந்த வால்வின் கிரிடுக்குச் செலுத்தப் படுகிறது. இந்தக் கலக்கும் குழாய் ஒரு *IF* பெருக்கியாகவும் செயல்படுகிறது. அக அலையியற்றியின் அதிர்வெண் 1455 kH_z எனில் கலக்கியின் ஆனோடு சுற்றில் 2455 kH_z மற்றும் 1455 kH_z அதிர்வெண்கள் தோன்றும். ஆனால், இக் கலக்கியை *IF* பெருக்கியுடன் பிணைக்கும் *IF* மின்மாற்றி (IF Transformer) சரியாக 455 kH_z-க்கும் அதன் பக்கப்பட்டைகளுக்கும் ($455 + 10\ kH_z$)· இயைவு செய்யப்படுகிறது. என்வே 455 kH_z-ம் அதன் பக்கப்பட்டைகளும் மட்டுமே *IF* பெருக்கியை அடையும்.

மூன்றாவது கட்டத்திலுள்ள *IF*பெருக்கியாக ஒரு பென்டோடு செயல்படுகிறது. இது பெருக்குகையில் தேர்தலும் (Selectivity) பட்டைவடிவமாக்குதலும் (Band Shaping) சேர்ந்து நிகழ்கின்றன. இதன் வெளியீடு மீண்டும் ஓர் இயைவுறு *IF* மின்மாற்றி வழியாகப் பண்பிறக்கி (4·வது கட்டம்) க்குச் செலுத்தபடுகிறது. ஓர் இரட்டை டயோடு - டிரயோடு (Duo-diode Triods) பண்பிறக்கியாகிறது. இதன் ஒரு டயோடு பகுதி பண்பிறக்கம் செய்கிறது; மற்றொரு டயோடு *AVC* எனப்படும் தானாகவே இயங்கும் உரப்புக் கட்டுப்பாடு செய்கிறது. டிரயோடுபகுதி *AF* மின்னழுத்தப் - பெருக்கியாகும். உரப்புக்கட்டுப்பாடு (Volume control) இப்பகுதியில் சேர்க்கப்படுகிறது. கடைசிக் கட்டத்தில் ஒரு பென்டோடு திறன் பெருக்கம் செய்து ஒலிப்பானுக்கு ஊட்டுகிறது. திறன் பெருக்கிக்கும் ஒலிப்பானுக்கும் மின் எதிர்ப்புப் பொருத்தம் செய்ய ஒரு வெளியீடு மின்மாற்றி (Output transformer) உண்டு.

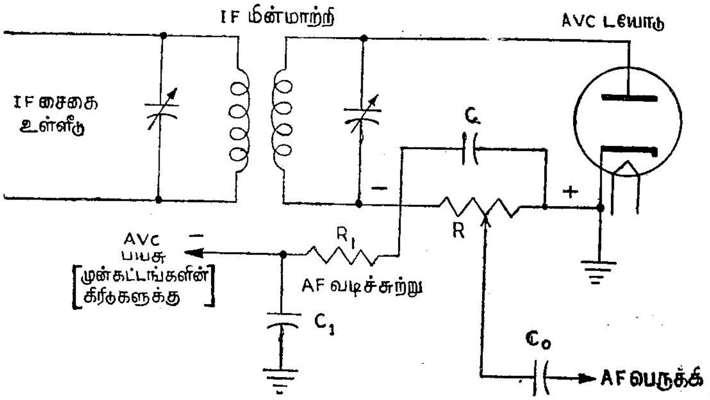
எடுத்துக்காட்டாக 1000 kH_z ரேடியோ அலை தவிர மற்ற அலைகளை ஏற்கும்பொழுது, அகஅலையியற்றியின் அதிர்வெண் இயைவு செய்யப்படவேண்டும். 1500 kH_z அலை தேவையெனில், இடைநிலை அதிர்வெண் 455 kH_z-ல் மாறாதிருக்க, அதிர்வெண் 1955 kH_z-ல் அகஅலையியற்றி செயல்பட வேண்டும்.

(படம் 16.12)-யில் ஒரு 'சூப்பர்ஹெட்' ஏற்பியின் மிக முக்கிய அங்கங்களும் அவற்றின் உறுப்புகளும் காணப்படுகின்றன.

16.8 தானாகவே இயங்கும் உரப்புக் கட்டுப்பாடு அல்லது உரப்புத் தற்கட்டுப்பாடு (Automatic Volume Control)

ஏற்பிகளின் ஒலிவெளியீடு மின்தடை *R*ஐச் சீரமைப்பதால் தேவைக்கேற்றவாறு கட்டுப்படுகிறது. இதன் பின்னர் சைகையின் வலிமையில் மாற்றங்களாலோ அல்லது மங்கலின் காரணமாகவோ ஏற்பியின் வெளியீட்டின் உரப்பு மாறக் கூடாது; மாறினால், *RF* *IF* கட்டங்களில் பளு அதிகமாகி குலைவு ஏற்படும்; மற்றும் உரப்பும் மாறும். இக் குறையைத் தவிர்க்க *FAC* பயன்படுகிறது.

சைகையின் வலிமையைப் பொறுத்து, டயோடு பண்பிறக்கியின் (Diode detector) பளுமின்தடையில் பாயும் மின்னோட்டமும் மாறும். படம் (16.13)-ல் *AVC* சுற்று காணப்படுகிறது. சாதாரணமான டயோடு பண்பிறக்கும் சுற்றில் பண்பிறக்கம் முடிந்தபின் அதனால் மின்னோட்டம் பளுமின்தடை *R*-வழியே பாய்கிறது. *R*-ன்



படம் (16.13)

FVC சுற்று

முனைவுகள் (Polarities) காட்டப்பட்டுள்ளன. *R*-ன் அமைப்பு ஒரு மின்னழுத்தப் பகுப்பான் போன்றது. இதனால் திருத்தம் பெற்ற மின்னழுத்தத்தின் ஒரு பகுதி C_0 வழியாக பெருக்கிக்கு ஊட்டப்படுகிறது. இதுவே இயக்கப்படும் உரப்புக்கட்டுப்பாடு (Manual volume control) ஆகும்.

பளுமின்தடையின் எதிர்முனையிலிருந்து R_1-C_1 வடிச்சுற்று வழியாக *RF* மற்றும் *IE* கட்டங்களின் கிரிடுகளுக்கு இணைப்பு செல்கிறது. சைகையின் வலிமை உயர்ந்தால், *R*-ன் எதிர்முனைவு அதிகரிக்கும்; எனவே *RF*, *IF* கட்டங்களின் பயசுகளும் அதிகரிக்கும். இதனால் அக்கட்டங்களின் வெளியீடுகள் குறையும். சைகையின் வலிமை குறைந்தால் இதற்கு நேர் மாறான விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன. R_1-C_1 வடிச்சுற்று *AF* அதிர்வெண்கள் *RF*, *IF* கட்டங்களுக்குச் செல்லாமல் தடுக்கின்றது; இதனால் *AVC* மின்னழுத்தமானது சைகையின் வலிமை மாற்றங்களைத்தான் பின்பற்றும்.

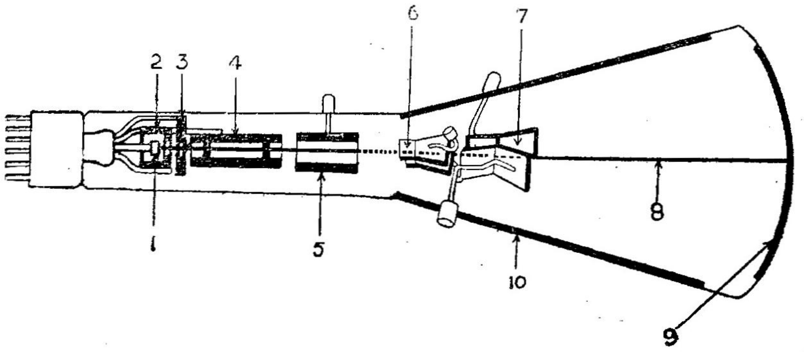
17. கேத்தோடு கதிர் ஆசிலோகிராஃப்

மின்னியல் அலைவுகளை கட்புலனுக்கவல்லது கேத்தோடு கதிர்க் குழாய் ஆகும். நாம் இதுவரை படித்த குழாய்கள் யாவும் கேத் தோடிலிருந்து ஆனோடுக்குப் பாயும் எலெக்ட்ரான்களின் செறி வையும் அளவையும் உபயோகித்துப் பயன்படத்தக்க ஆனோடு மின்னோட்டத்தைத் தோற்றுவித்தன. எலக்ட்ரான்கள் உமிழப் பட்ட முறை எதுவாயினும் பயன் எப்பொழுதும் ஆனோடு மின்னோட் டத்தின் வலிமையை உயர்த்துவதுதான். ஆனால், கேத்தோடு கதிர் குழாயில் எலக்ட்ரான்கள் எத்திசையில் பாய்கின்றன என்பதுதான் முக்கியம்; அவற்றின் செறிவு முக்கியமல்ல. குழாயின் வடிவத்தை விரும்பியவாறு அமைத்து எலக்ட்ரான் கற்றையை ஓர் எழுத்தாணி யாகப் பயன்படுத்தலாம். எலெக்ட்ரான் கற்றை ஓர் ஒளிரும் திரை (Fluorescent screen)-ல் விழ அதில் ஒரு பொலிவான பொட்டு தோன்றும்; கற்றை நகருமானால் இப்பொட்டும் நகர்ந்து படங்களை 'வரையும்'. இக் குழாய் கேத்தோடு கதிர் ஆசிலோகிராஃபிலும், டெலிவிஷனிலும், ரேடாரிலும் மிக்க பயன்படுகிறது. கேத்தோடு கதிர் குழாயின் கேத்தோடு எலெக்ட்ரான்களை நிறைய உமிழ் கின்றது. பலமின்வாய்கள் இந்த எலெக்ட்ரான்களை ஒரு கற்றை யாக்கி வெற்றிடக் குழாய் வழியாக ஒளிரும் திரையை நோக்கி வீசு கின்றன. இத்திரை ஒளிரும் பூச்சு (Phosphor) உடையதாய் எலக்ட்ரான்கள் அதன் மீது விழுந்தவுடன் அவ்விடம் ஒளிர்கிறது. எலக்ட்ரான் கற்றையின் பாதைக்கருகில் நிலைமின்னியல் புலம் அல்லது காந்தப்புலத்தினைத் தோற்றுவித்து அதனைப் பாதை விலகச் செய்யலாம்.

17.1. கேத்தோடு கதிர் குழாயின் அமைப்பும் செயலும் (Construction and action of a Cathode Ray Tube)

இக் குழாயில் மூன்று முக்கிய அங்கங்கள் உண்டு: அவை (1) எலக்ட்ரான் கன் (Electron gun): இது எலக்ட்ரான்களைத்

தோற்றுவித்து, முடுக்கி மற்றும் கற்றையாக்குகிறது. (2) விலக்கும் அமைப்பு (Deflecting system): இது எலக்ட்ரான் கற்றையை திசை மாறச் செய்யும்; சோதிக்க வேண்டிய மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னோட்டத்திற்கேற்ப இச் செயல் நிகழும். (3) ஒளிரும் திரை (Fluorescent screen): இதன் மீது எலெக்ட்ரான்கள் மோதி பொலிவான பொட்டாகக் கட்புலனாகிறது. இந்த மூன்று முக்கிய அங்கங்களும் ஒரு புனல் வடிவ கண்ணாடிக் குழாயினுள் பொருந்துகின்றன. இக் குழாயின் அகம் வெற்றிடமாகும். குழாயின் அகன்ற பகுதி திரையாகும்; திரையின் உட்சுவரில் ஒளிரும் பூச்சு உண்டு. படம் (17.1)-ல் நிலை மின்னியல் விலகல் (Electrostatic deflection) தரும் குழாயின் அமைப்பு காணப்படுகிறது. இக் குழாயின் நீளம் 25.50



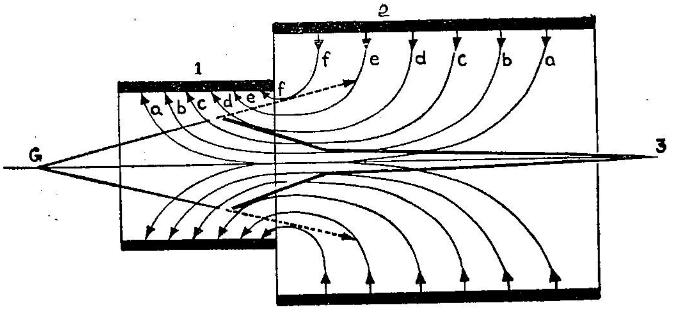
படம் 17.1

கேத்தோடு கதிர்க் குழாய் - நிலைமின்னியல் விலகல் வகை

செ.மீ. வரை இருக்கும். திரையின் விட்டம் 3-30 செ.மீ. வரை இருக்கும். இக் கற்றையை முடுக்கும் மின்னழுத்தமானது 800 முதல் 12,000 வோல்ட் வரையாகலாம்.

எலக்ட்ரான் 'கன்': எலக்ட்ரான்களைத் தோற்றுவித்து மிகக் குறுகிய கற்றையாக்கி முடுக்கிவிடுவது எலக்ட்ரான் கன்னின் வேலையாகும். இக் கற்றை ஒளித்திரையில் விழும்பொழுது மிக நுண்ணிய பொட்டு பொலிகின்றது; அகலமான பொட்டு பயன்படாது. இதனில், ஒரு சூட்டுச் சுருள் கேதோடைச் சூடேற்றுகிறது. தவிரவும், கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு, முடுக்கும் மின்வாய், கற்றையாக்கும் ஆனோடு மற்றும் இறுதியில் மற்றொரு முடுக்கம் ஆனோடு ஆகியன அந்த வரிசையில் உள்ளன. இத்தனை மின்வாய்களும் உருளை வடிவமாக, கேத்தோடை அல்லது எலெக்ட்ரான் கற்றையைச் சூழ்ந்துள்ளன. மின்வாய்கள் குழாயின் அடியிலுள்ள முளைகளுடன் இணைகின்றன.

கேத்தோடு எலக்ட்ரான்களை உமிழ்கின்றது; கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு தன்மீதுள்ள எதிர்பயசைப்பொறுத்து எலக்ட்ரான் ஓட்டத்தின் அளவை நிர்ணயிக்கிறது. முடுக்கும் மின்வாய் தன்மீதுள்ள நேர் மின்னழுத்தத்தால் எலக்ட்ரான்களை முடுக்கிவிடுகிறது. முடுக்கும் மின் வாயிலுள்ள சிறிய துளை வழியாக வெளியேறும் எலக்ட்ரான்களை, கற்றையாக்கும் மின்வாயும் ஆனோடுமாகச் சேர்ந்து ஒரு திசைப்படுத்திக் கற்றையாக்குகின்றன. இவ்விரண்டு மின்வாய்களும் எலக்ட்ரானியல் லென்சுகளாகச் செயல்படுகின்றன. கற்றையாக்கும் மின்வாயும் ஆனோடும் கேத்தோடைப் பொறுத்து நேர்மின்னழுத்தங்கள் கொண்டவை. ஆனல், ஆனோடின் மின்னழுத்தம், கற்றையாக்கும் மின்வாயினதைவிட பலநூறு வோல்ட்கள் அதிகம். படம் (17.2)-ல் காண்பதுபோல் கற்றையாக்கும் மின்வாய்க்கும், இறுதி ஆனோடுக்கும் இடையே நிலைமின்



படம் 17.2

நிலைமின்னியல் குவியமாக்கம்

புலம் (Electrostatic field) உள்ளது. இப் புலத்தின் விசைக்கோடுகள் ஏறத்தாழ அரைவட்ட வடிவத்திலோ அல்லது ஆரக்கால்களாகவோ உள; மற்றும் அவை ஆனோடிலிருந்து கற்றையாக்கும் மின்வாய் நோக்கி வளைகின்றன. கட்டுப்படுத்தும் கிரிடிலுள்ள துளையும் அதன் எதிர்பயசுமாக எலக்ட்ரான்களை வரப்புப்புள்ளியில் (Cross over point) ஓரளவிற்குக் குவியமாக்குகின்றன. கட்டுப்படுத்தும் கிரிடுக்கு அருகிலுள்ள இப் புள்ளியிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் 'லென்சி'னுள் விரிகற்றையாகப் புகுகின்றன. ஆரக்கால் மின்புலம் இல்லாவிடில் அவைகள் முடிவில் ஆனோடில் மோதும்.

எலக்ட்ரான்கள் விசைக்கோடுகளின் எதிர்த்திசையில் செல்லும் என்றறிவோம். ஆகையால் ஆரக்கால் புலத்தினுல் புகும் எலக்ட்ரான்கள் விசைக்கோடுகள் வழியே எதிர்த்திசையில் சென்று இறுதி ஆனோடில் மோதும். ஆனல் அவை மிதமாக முடுக்கப்

படுகின்றன; எனவே பாதையிலிருந்து கணிசமாக விலக்கப்படுவதற்கு தேவையான காலம் அவை மின்புலத்தில் இல்லை. ஆதலால் விசைக்கோடுகளுக்குத் தொடுகோட்டுப் பாதைகளில் அவை சென்று, புலத்தை விட்டோடி திரையில் குவியமாகின்றன. விரிகற்றைறாக இயங்கும் எலக்ட்ரான்களை மிகநயமாக குவியமாகும் கற்றையாக்கும் அளவிற்குத் தான் ஆரக்கால் மின்புலத்தின் வலிமை உள்ளது; திரையை நோக்கி ஓடும் எலக்ட்ரான்களை ஆனோடு நோக்கிக் கவர்ந்து இழுக்குமளவிற்கு மின்புலவலிமை இல்லை.

எலக்ட்ரான்களைக் குவிகற்றையாக்குவதற்கு, மின்புலத்தைத் தவிர காந்தபுலத்தையும் பயன்படுத்தலாம் என்றறிக.

ஒளிர்திரை :

எலக்ட்ரான் 'கன்'னிலிருந்து வெளிப்படும் எலக்ட்ரான்கள் ஒளிர்திரையின் மையத்தில் விழுந்து பொட்டாகப் பொலியும். கட்டுப்படுத்தும் கிரிடின் பயசு இப்பொட்டின் பொலிவை ஓரளவிற்கு நிர்ணயிக்கவல்லது; அப்பொலிவு ஒளிரும் பூச்சினையும் பொறுத்தது. சாதாரணமாகப் பயன்படும் பூச்சுகளும் அவைதரும் வண்ணங்களும் பின்வருமாறு: வில்லிமைட் அல்லது சின்க் சிலிகேட் பச்சை; சின்க்ஆக்சைடு-நீலம்; சின்க்சல்ஃபைடு-மஞ்சள். இவற்றைத் தவிர பல பாஸ்ஃபார் (Phosphor) களின் தகுந்த கலவையை வெண்ணொளி (White light) தருமாறும் பயன்படுத்தலாம். பாஸ்ஃபார்களைத் தேர்ந்தெடுப்பில் அவை ஒளிரும் நேரமும் (After glow or Persistence of glow) கவனிக்கபட வேண்டும். எலக்ட்ரான்கள் மோதுவது நின்றபிறகும் சிறிது நேரத்திற்கு பொட்டின் பொலிவு இருக்கும். இந்தநேரம் ஒளிரும் நேரம் எனப்படும். ஒளிரும் நேரம் 0.1 செகண்டுக்குக் குறைவாயிருந்தால் திரை குற்றொளிர்வு (Short persistence) உடையது; 1 செகண்டு அல்லது அதிகமானால் நீட்டொளிர்வு (Long persistence) உடையது. வில்லிமைட் குற்றொளிர்வு உடையது; சீக்கிரமாக மாறும் பிம்பங்களில் குற்றொளிர்வு தேவை; எனவே, டெலிவிஷன் திரைகளுக்கு வில்லிமைட் பயன்படுகிறது. ரேடர் திரைகளுக்கும் மற்றும் ஆசிலோ கிராஃப் திரைகளுக்கும் நீட்டொளிர்வு தேவை.

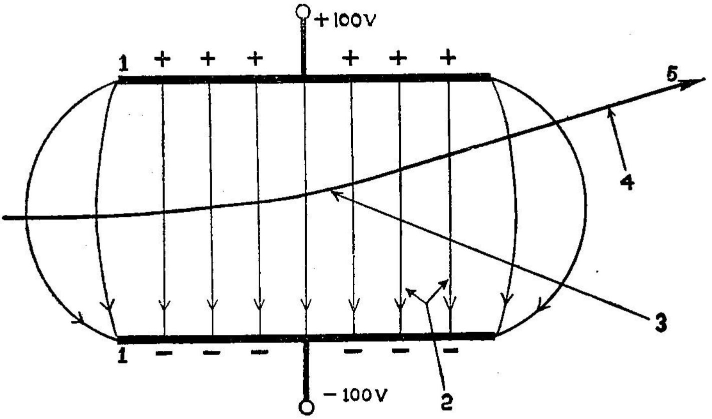
அக்வாடக் பூச்சு (Aquadag coating)

திரையில் மோதும் எலக்ட்ரான்களை அதனின்றும் நீக்கி மீண்டும் கேத்தோடுக்கு அல்லது புவிக்குத் திருப்ப வேண்டியது அவசியம். இல்லையெனில், அவை திரையில் எதிர்மின்னழுத்தம் ஏற்படுத்தி பின்னால்வரும் எலக்ட்ரான்களை எதிர்த்துத் தடுக்கும். இதற்காகக் குழாயின் பக்கச்சுவர்களின் உட்புறத்தில் அக்வாடக் என்னும் பூச்சு (கார்பன் துகள்களால் ஆனது பூசப்பட்டு கேத்தோடுடன் அல்லது முடுக்கும் இறுதி ஆனோடுடன் இணைக்கப்படுகிறது இறுதி ஆனோடு சாதாரணமாக புவிஇணைப்பு உடையது: இதனைப்

பொறுத்து மற்ற மின்வாய்கள் எதிர் மின்னழுத்தம் உடையன. எனவே அக்வாடக் பூச்சு இறுதி ஆனேடுடன் இணைவதால், எலக்ட்ரான்கள் புவியை அடைகின்றன. அக்வாடக் பூச்சு திரையுடன் நேராக இணையாவிட்டாலும் அது திரை உமிழ்கின்ற பின்வரும் எலக்ட்ரான்களை (Secondary electrons) சேகரிப்பதால் திரையில் எலக்ட்ரான்கள் சேகரமாவதில்லை. பின்வரும் எலக்ட்ரான்கள் புவியை அடைகின்றன.

நிலைமின்னியல் விலகல் (Electrostatic deflection)

இரண்டு உலோகத் தகடுகளிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு இருப்பின் அவற்றினிடைவெளியில் நிலைமின்புலம் தோன்றும்' படம் (17.3) காண்க. இப்புலத்தின் விசைக்கோடுகள் (விளிம்புகளருகில் தவிர) நேர்கோடுகளாகும். இப்புலத்தினுள் புகும்



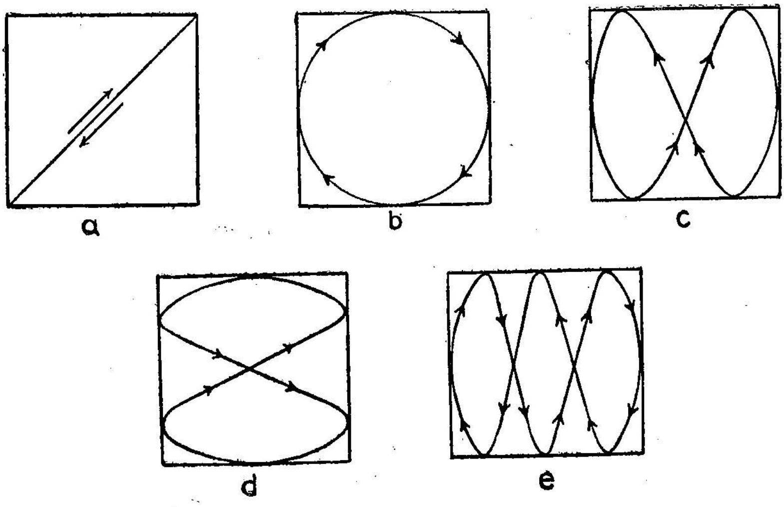
படம் 17.3

எலெக்ட்ரான் கற்றையை நிலைமின்னியல் புலம் விலக்குதல்

எலெக்ட்ரான் கற்றை விசைக் கோடுகளின் எதிர்த்திசையில் வளைக்கப்படும்; அதாவது அவை நேர் மின்னழுத்தத் தகட்டினுல் ஈர்க்கப்படும். எனவே, எலெக்ட்ரான்களின் பாதையானது அவற்றின் முன்னேடு திசை வேகத்திற்கும் (Forward velocity)-இப் படத்தில் - மேனேக்கிய ஈர்ப்புக்கும் (அதாவது குறுக்கு திசை வேகத்திற்கும்-Transverse velocity) உள்ள தொகுபயன் ஆகும், மின்புலத்தினுள் இப்பாதை ஒரு பரவளையம் (Parabola) ஆகிறது; அதற்கப்பால் நேர்கோடாகும். எனவே, திரையின் மையத்தில் எலெக்ட்ரான்கள் தோற்றுவிக்கும் புள்ளி மையத்திலிருந்து மேனேக்கி விலகுகிறது. புள்ளியைக் கீழ்நோக்கி விலக்கத் தகடுகளின் முனைவை மாற்றினுல் போதும்.

படம் (17.1)-யில் ஒன்றுக்கொன்று நேர்குத்தாக இரண்டு, இரட்டைதகடுகள் காணப்படுகின்றன. செங்குத்து விலக்கத் தகடுகள் எலெக்ட்ரான் கற்றையைமேலும் கீழாகவும், கிடக்கை விலக்கத்தடுகள் அதனை வலம் இடமாக விலக்குகின்றன. 'செங்குத்து மற்றும் 'கிடக்கை என்ற உரிச்சொற்கள் எலக்ட்ரான் கற்றை விலக்கப்படும் திசைகளைக் குறிக்கின்றன; தகடுகளின் நிலையைக் குறிக்க வில்லை. செங்குத்துத் தகடுகளிடையே *DC* வோல்டேஜ் உண்டெனில், எலக்ட்ரான் கற்றை மேனோக்கி அலல்து கீழ்நோக்கி தகடுகுளின் முனைவைப் பொறுத்து விலகும். விலகலின் அளவு வோல்டேஜின் அளவை பொறுத்தது. இக்கூற்று கிடக்கைகளான விலக்கத்திற்கும் பொருந்தும்.

AC வோல்டேஜ் செங்குத்துத் தகடுகளிடையே உண்டெனக் கொள்வோம். *AC* வோல்டேஜின் அதிர்வெண்ணின் (திரையில்) பொட்டு மேலும் கீழுமாக அலையும். பார்வை நீட்டிப்பின் (Persitrnse of vision) காரணமாக, அலையும் பொட்டு ஒரு நேர்கோடாகத் தோன்றும். (அதிர்வெண் மிகக் குறைவானால், பொட்டு மேலும் கீழுமாக அலைவதைக்காணலாம்). இது போலவே. கிடக்கைத் தகடுகளிடையே *AC* வோல்டேஜ் செலுத்தப்பட்டால், கிடக்கையான நேர்கோடு தோன்றும். முடிவாக, இரண்டு இரட்டைத் தசடுகளிடையேயும் *AC* வோல்டேஜ்கள் ஒருங்கே செலுத்த படுவதாகக் கொள்க. இந்த வோல்டேஜ்களின் அளவு, அதிர்வெண் பிறை மற்றும் அலைவடிவம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்துத் திரையில்



படம் 17.4
லிசாஜூஸ் வடிவங்கள்

தோன்றும் வடிவமும் அமையும். இவ்வடிவங்களே லிசாஜஸ்ு வடிவங்கள் (Lissajous figures) எனப்படுகின்றன.

படம் (17.4)-லில் சில லிசாஜுஸ் வடிவங்கள் காணப்படுகின்றன. (*a*)-ல் காணப்படுவது 45° வாட்டமுடைய நேர்கோடு ஆகும்; தகடுகளுக்குச் செலுத்தப்படும் *AC* வோல்டேஜ்களின் அளவுகள், பிறைகள், அதிர்வெண்கள் சமமாகவும் அவை ஒரேவித அலை வடிவமும் உடையபொழுது இந்த நேர்கோடு பெறப்படும். (*b*)-ல் 90° பிறை வேறுபாடும் மற்ற எல்லாப் பண்புகளும் சமமாகவும் உள்ள வோல்டேஜுகள் உண்டாக்கும் வட்டம் காணப்படுகிறது. கிடக் விலக்கம் ஏற்படுத்தும் வோல்டேஜுடையதைப் போல இருமடங்கு அதிர்வெண் உடையதாகச் செங்குத்து விலக்கம் தரும் வோல்டேஜ் இருப்பின்–மற்ற பண்புகள் சமமாக படம் (*c*)-ல் காணப்படும் வடிவம் கிடைக்கிறது. படம் (*d*)-ல் மேலே சொன்ன வோல்டோஜுகள் ஒன்றுக்கொன்று பரிமாற்றப்பட்டுள்ளன. கிடக்கை வோல்டேஜின் அதிர்வெண்ணைப் போல் மூன்று மடங்கு செங்குத்து வோல்டேஜின் அதிர்வெண் உள்ளபொழுது படம் (*e*) கிடைக்கும்.

விலகல் உணர்வு (Deflection sensitivity)

நிலைமின்னியல் விலகல் ஏற்படுத்தும் கேதோடு கதிர்க் குழாயில் ஒரு வோல்ட்டிற்கு எத்தனை அங்குலம் விலகல் ஏற்படுகிறது என்பது அதன் விலகல் உணர்வு ஆகும். இதனை ஓர் அங்குலம் விலகல் ஏற்படுத்தத் தேவையான வோல்ட்டுகளைக் கொண்டு அளக்கிறோம். 50 வோல்ட்/அங்குலம் என்பது பெரும்பான்மையான குழாய்களின் சராசரி விலகல் உணர்வு ஆகும். 50 வோல்ட் *DC* வோல்டேஜ் செலுத்தபட்டால் திரையில் பொட்டு ஓர் அங்குலம் விலகும். உச்ச மதிப்பு 50 வோல்ட் உடைய *AC* வோல்டேஜ் செலுத்தபட்டால் இரண்டு அங்குல நீளமுடைய கோடு தோன்றும்.

எலெக்ட்ரான் கற்றையின் முன்னோடு வேகத்திற்கு எதிர்விகிதத்தில் விலகல் உணர்வு அமையும். மேலும் விலக்கும் தகடுகளின் நீளத்திற்கும், மற்றும் தகடுகளின் மையத்திலிருந்து திரைக்கு உள்ள தொலைவிற்கும் நேர் விகிதத்தில் விலகல் உணர்வு அதிகமாகும். மேலும் தகடுகளின் இடைவெளிக்கு எதிர்விகிதத்திலும் விலகல் உணர்வு அமையும்.

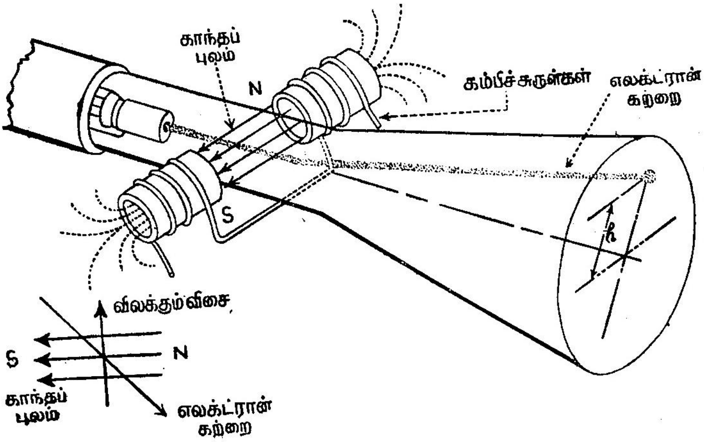
காந்தவியல் விலகல் (Magnetic deflection): எலெக்ட்ரான் கற்றையைப் பாதை விலகச் செய்ய நிலைமின்புலத்திற்குப் பதிலாக காந்தவியல் புலத்தைப் பயன்படுத்தலாம். ரேடாரிலும், டெலிவிஷனிலும் இம்முறை பயன்படுகிறது. இதன் ஒரு பெரும் ஆதாயம் என்னவெனில், குழாயினுள் தகடுகள் பொருத்தவேண்டிய அவசியமில்லை; ஆகவே, குழாய் அமைப்பு எளிதாகிறது. இந்த முறையில், குழாயின் கழுத்தின் மருங்கில் வைக்கப்படும் கம்பிச் சுருள்களில்

மின்னோட்டம் பாய்வதால் காந்தப்புலம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது (டேன்ஞ்சன்ட் கால்வனு மீட்டரின் அமைப்புடன் ஒப்பிடுக).

காந்தப்புலமானது எலெக்ட்ரான் கற்றையை எவ்வாறு பாதை விலகச் செய்கிறது? எலெக்ட்ரான்களைக் கடத்தியினத்தில் ஓடினாலும் அல்லது வெற்றிடத்தில் ஓடினாலும் அவை ஒரு மின்னோட்டத்தைத் தருகின்றன. எந்த மின்னோட்டத்தையும் காந்தப்புலம் சூழ்கிறது என்பது மின்னியலில் ஓர் அடிப்படை விதி. மின்னோட்டமுள்ள கம்பி ஒன்று ஒரு புறகாந்தப்புலத்தில் வைக்கப்பட்டால், அதன் சொந்த காந்தப்புலமானது புறகாந்தப்புப்புலத்துடன் கலந்து செயல் படுவதால் கம்பி ஒரு விசைக்கு உட்படுகிறது. இவ்விசையின் திசை இரண்டு புலங்களின் திசைகளையும் பொறுத்தது; மற்றும் மின்னோட்டத்தின் வலிமையைப் பொறுத்து விசையின் வலிமையும் அமையும். எலெக்ட்ரான் கற்றையும் ஒரு மின்னோட்டமேயாதலால், மேற் சொன்னவை அதற்கும் பொருந்தும்; எலெக்ட்ரான்கள் கடத்தியினகத்தில்தான் இயங்கவேண்டுமென்பதில்லை.

எலெக்ட்ரான் ஓட்டம் காந்தப்புலத்தால் எத்திசையில் விலக் கப்படும் என்றறிய எளிய விதி உண்டு; இது ‘வலதுகை விதி’ **(Right hand rule)** எனப்படும். வலதுகைப் பெருவிரல், சுட்டுவிரல், நடுவிரல் காந்தப்புலத்தின் ஆகியவற்றை ஒன்றுக்கொன்று நேர் குத்தாக நீட்டுக. சுட்டுவிரல் காந்தப்புலத்தின் திசையையும், நடு விரல் எலெக்ட்ரான்கள் ஓடும் திசையையும் காட்ட, எலெக்ட்ரான் கற்றை மீது செயல்படும் விசையை-அதாவது எலெக்ட்ரான்கள் விலகும் திசையைப்-பெருவிரல் காட்டும்.

காந்தவியல் விலகல் பயன்படும் எலெக்ட்ரான் கதிர் குழாய் படம் (17.5)-ல் காணப்படுகிறது. இப் படத்தில் செங்குத்து



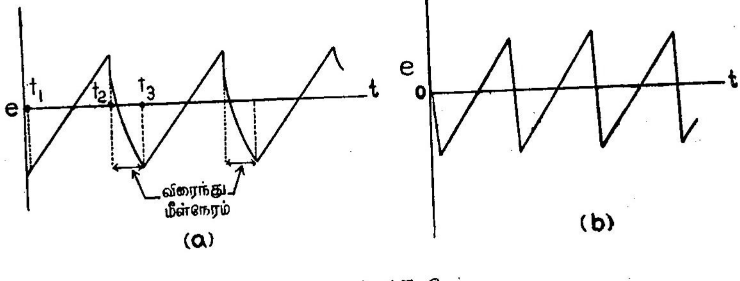
படம் 17.5

கேத்தோடு கதிர் குழாய்-காந்தவியல் விலகல் வகை

விலகலை ஏற்படுத்தும் கம்பிச் சுருள்கள் மட்டுமே காணப்படு கின்றன. கிடக்கையான விலகல் ஏற்படுத்த கிடக்கையான இரண்டு கம்பிச் சுருள்கள் குழாயின் கழுத்தருகில் வைக்கப்பட வேண்டும். கம்பிச்சுருள் ஒவ்வொன்றிலும் சுற்றுகளின் எண் ணிக்கை, பாயும் மின்னோட்டத்தின் வலிமை (ஆம்பியர்களில்), இவற்றின் பெருக்குத் தொகைக்கு (ஆம்பியர் சுற்றுகள்) நேர்விகி தத்தில் விலகலின் அளவு அமைகிறது.

17.2 நேர்கோட்டுக்காலவடி (Linear Time Base)

காலத்தைப் பொறுத்து மாறும் ஒரு மின்னழுத்தத்தை (உதா ரணம் : *A C* வோல்டேஜ்) ஆராயவேண்டுமானால், கேத்தோடு கதிர்க்குழாயின் திரையில் பொட்டு இடத்திலிருந்து வலமாக காலத் தைப் பொறுத்து நகர, அதுவே செங்குத்தாக மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்து நகரவேண்டும். இதற்கு, பொட்டினை கேத்தோடு கதிரை-இடத்திலிருந்து வலமாக இயக்குவதற்குக் காரணத்துடன் நேர்போக் காக வளரும் ஒரு மின்னழுத்தம் தேவை. இந்த மின்னழுத்தம் நேர்கோட்டுக் காலவடி எனப்படும். இந்த *LTB* மின்னழுத்தம் கிடக்கைத் தகடுகளுக்குச் செலுத்தபட்டால், பொட்டு இடமிருந்து வலமாக, சீராக நகர்ந்து வீச்சு முடிந்தவுடன் மீண்டும் மிகவிரை வாகத் தொடக்கப் புள்ளிக்கே திரும்பும். இந்தச் செயல் செகண்டுக்கு 20 தடவைக்கு மேல் நடைபெற்றால் பார்வை நீட்டிப்பின் காரண மாகத் திரையில் தோன்றும் வடிவம் நிலையாகத் தோன்றும். *LT-B*-ன் அலைவடிவம் (Wave form) படம் (17.6 *a*)-யில் காணப்படு கிறது. 't_1' லிருந்து 't_2' வரையான இடைப் பொழுதில் கிடக்கை தகடுகளிடையே மின்னழுத்தம் சீராக உயர்வதால் பொட்டு சீரான வேகத்தில் கிடை மட்டத்தில் நகரும். 't_2' லிருந்து 't_3' வரை



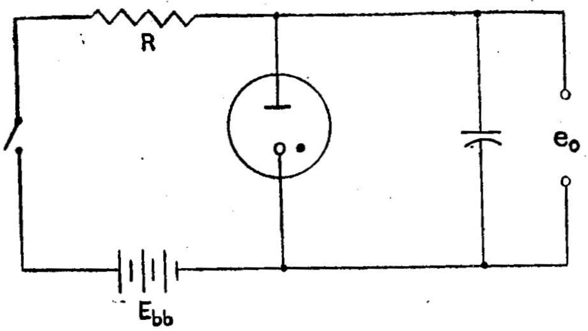
படம் 17.6

நேர்கோட்டுக் காலவடியின் அலைப்படிவம்

(*a*) நடைமுறையில், (*b*) நல்லியானது (இரம்பப் பல் மின்னழுத்தம்)

யான இடைப்பொழுதில் பொட்டு மிக விரைவாகத் தொடக்க. புள்ளிக்குத் திரும்பும்; உடனேயே அடுத்த வீச்சு தொடங்குகிறது விரைந்து மீள்நேரம் (Flyback time) மிகமிகக் குறைவாயிருக்க வேண்டும். நல்லியான நேர்கோட்டுக் காலவடி மின்னழுத்தத்தின் அலைவடிவம் படம் (17.6*b*)-ல் காணப்படுகிறது.

LTB மின்னழுத்தத்தை தரும் ஒரு சாதாரணச்சுற்று படம் (17.7)-ல் காணப்படுகிறது. தொடக்கத்தில் C-ல் மின்னூட்டம்



படம் 17.7

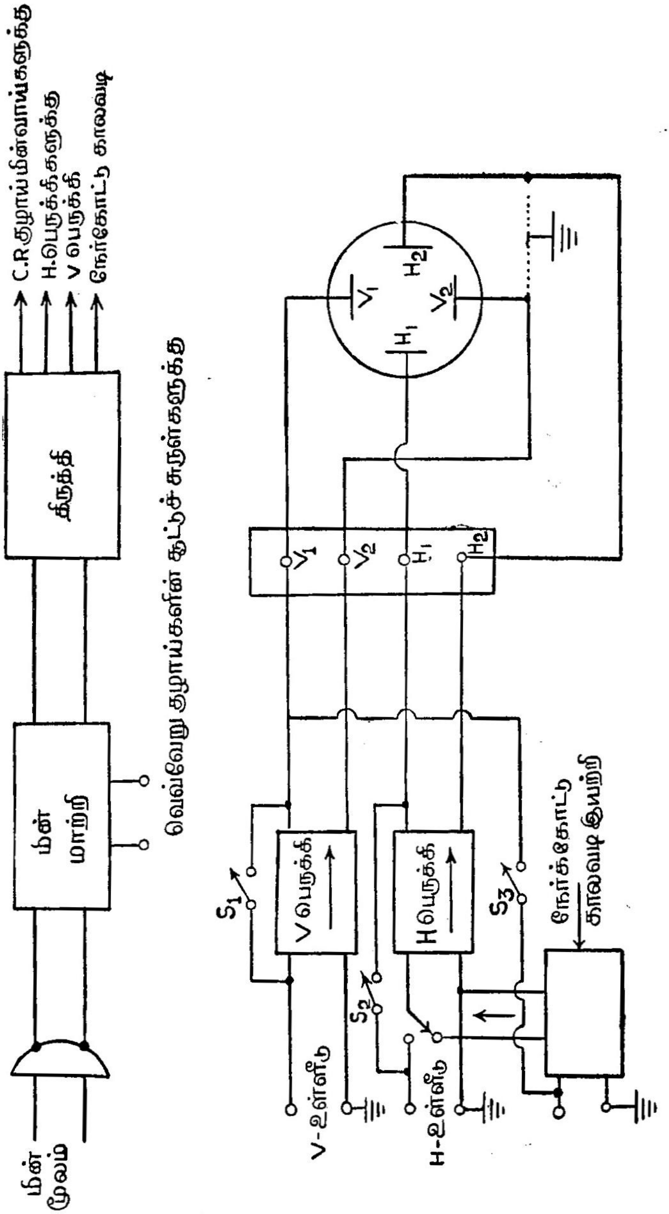
நேர்கோட்டுக் காலவடியை பெறுவதற்கான சுற்று

இல்லாத பொழுது சாவி மூடப்பட்டால் அந்த மின் தேக்கி மின்னேற்றப்படுகிறது. இதனால் அதன் தட்டுகளிடையே மின்னழுத்தம் எக்ஸ்பொனென்ஷியலாக (exponentially) உயர்கிறது. இந்த மின்னழுத்தம் வாயு நிறைந்த டயோடின் கடத்து மின்னழுத்தத்திற்கு (Stricking potential) சமமாகும் பொழுது மின் தேக்கி டயோடு வழியாக மின்னிறக்கும்; இதனால் டயோடு ஒளிர்கிறது; இச் செயல் மீண்டும் மீண்டும் நிகழ்கிறது. எனவே, ஒழுங்கான இடைப்பொழுதுகளில் வாயு நிறைந்த டயோடு ஒளிர்கிறது. *R* மற்றும் *C* அல்லது E_{bb}-ஐ மாற்றியமைத்து ஒளிரும் இடைப்பொழுதை-அதிர்வெண்ணை-சீரமைக்கலாம். இந்த நேர்போக்கு காலவடி இயற்றியானது 10 kH_z வரை திறமையாக செயல்படும். பேட்டரி வோல்டேஜ் (E_{bb}) உயர்வாகவும் இரம்பப்பல் வீச்சின் நீட்டம் கணிசமாகக் குறைவாகவும் இருந்தால் ஏறத்தாழ நல்லியான நேர்கோட்டுக் காலவடி கிடைக்கும். இச் சுற்றின் வெளியீடு E_o-வைக் கிடக்கைத் தகடுகளுக்கு இணைக்கவேண்டும்.

இச்சுற்றில் சிலக் குறைகள் பெருமளவுக்கு உண்டு; ஆதலால் வேறுபல சுற்றுகள் நடைமுறையில் பயன்படுகின்றன. கொள்கை விளக்கத்திற்காகவே இச்சுற்று விளக்கப்பட்டது.

17.3 கேத்தோடு கதிர் ஆசிலோகிராஃப் (Cathode Ray Oscillograph)

இக் கருவியின் முக்கிய பகுதி ஒரு கேத்தோடு கதிர்க்குழாய் ஆகும். இதன் அமைப்பு முற்பகுதியில் விளக்கப்பட்டது. கருவி



படம் 17.8
CRO-வின் பல அங்கங்கள்

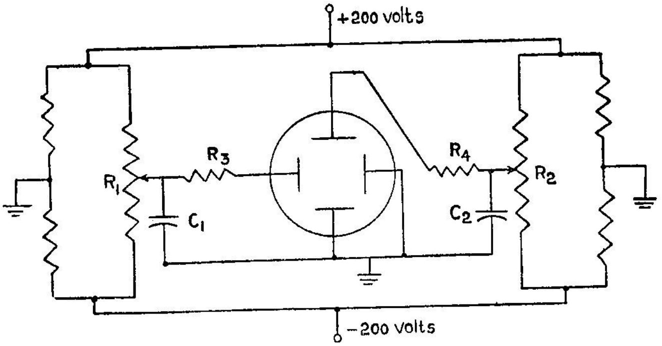
யின் மற்ற பகுதிகள் யாவும் இக் குழாயில் கேத்தோடு கதிரை விருப் பப்படி இயக்குவதற்கு உதவுவனவாம். ஓர் ஆசிலோகிராஃபின் தத்துவ விளக்கப்படம் (17.8) ஆகும். CR குழாயின் பல ஆனேடு களுக்கும் கிரிடுக்கும் மின்னழுத்தம் 800 முதல் 1000 வோல்ட் வரை தேவை. ஆனல் மின்மூலம் 220 வோல்ட் AC ஆகும். ஆகையால் ஏற்றுமின்மாற்றி மின்னழுத்தத்தை உயர்த்துகிறது. இது திருத்தப்பட்டு நேர் மின்னழுத்தமாகப் பல அங்கங்களும் தேவைக் கேற்றபடி விநியோகிக்கப் படுகிறது. செங்குத்து விலக் கத்தகடுகளுக்கு நேரான இணைப்பு இணைப்புப்பட்டை (Correction strip) வழியாக உண்டு. இந்தப் பட்டை சாதாரணமாகக் கருவி யின் பின்புறத்தில் இருக்கும். இப் பட்டையின் V_1, V_2 திருகுகள் செங்குத்து விலக்கத்தகடுகளுடனும், H_1, H_2 திருகுகள் கிடக் கை விலக்கத்தகடுகளுடனும் இணைகின்றன. சாதாரணமாக V_2-ம் H_2-ம் புவியிணைப்பு பெற்ருல் கருவியின் விலை மலிவாகும்; இதனுல் கற்றையில் சிறிது குவியக் குலைவு (Defocussing) தோன்றும்.

கிடக்கைத்தகடுகளுக்குச் செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தைப் பெருக்க H பெருக்கி உதவுகிறது. இப் பெருக்கியின் உள்ளீடு இரம்பப்பல் (Saw tooth) மின்னழுத்தமாகவோ அல்லது கருவியின் முகத்திலுள்ள H திருகுகளுடன் இணைக்கப்படும் புற மின்னழுத்த மாகவோ இருக்கலாம். இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் நேர்கோட்டுக் காலவடி இயற்றி (Linear time base generator) யிலிருந்து பெறப் படும். இதன் அதிர்வெண்ணைச் சீரமைக்கலாம்; சீரமைப்பதால் காலவடியின் (Time base axis) நீளத்தைக் கூட்டவோ குறைக் கவோ செய்யலாம். காலவடி வீச்சின் தொடக்கத்தை V தகடு களுக்கு செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்துடன் இசைவாகப் பொருத் தலாம். இந்த இசைவுப் பொருத்தத்தை (Synchronisation) அகமாக வோ அல்லது புறமாகவோ செய்யலாம்; இதற்குச் சாவி S_3 பயன் படும்.

ஆராயவேண்டிய சைகை மிகமெலிந்ததாயின் V-பெருக்கியைப் பயன்படுத்தலாம். நேர்மின்னழுத்த சைகையாயின், அது நேராக V-தகடுகளுக்குச் செலுத்தப்படும். சில கருவிகளில் DC பெருக்கி யும் காணப்படும்.

திரையில் பொட்டினை மையப்படுத்துதல் அவசியமாகும். இதற் கான எளிமையான சுற்று படம் (17.9)-ல் காணப்படுகிறது. மின்னழுத்தப் பகுப்பான் R_1 ஐச் சீரமைப்பதால் பொட்டினை இடமோ வலமோ நகர்த்தலாம்; இதுபோன்ற R_3ஐச் சீரமைக்கப் பொட்டு மேலோ கீழோ நகரும். C_1-R_3 மற்றும் C_2-R_4 தட்டுகள் வடிச்சுற்றுகளாகப் பயன்பட்டு மின்னழுத்த மாற்றங்களால் வடிவத் தின் நிலைப்பாடு மாருதிருக்கச் செய்கின்றன.

மின்னியலாக மாற்றக் கூடிய எந்த ஒரு பண்பும் *CRO*-வின் உதவியால் ஆராயப்படலாம். எந்திரவியல், வெப்பவியல்,



படம் 17.9

மையமாக்கு சுற்று

ஒளியியல்மற்றும் எப்பண்பாயினும் அதனை மின்னியல் மாற்றமாக்கக் கூடிய கருவிகள் பலவும் இதற்கு உதவுகின்றன. மைக்ரோபோனுக்கு ஊட்டப்படும் இசைக்கவை அலைவுகள், (Vibrations of a tuning fork) வெப்ப மின்னோட்டம் (Thermo electricity), ஒளிமின்னியல் (Photo electricity) ஆகியன மிகச்சில உதாரணங்களாகும். *CRO*-வின் பயன்களுக்கு ஆராய்ச்சியாளரின் அறிவு கூர்மைதான் வரம்பிட இயலும். எந்த ஒரு *CRO*-வின் பயனையும் முழுமையாகப் பெற அதனைத் தயாரித்தோர் காட்டிய முறைகளில், அந்த வரம்புகளுக்கு உட்பட்டுச் செயல்படுத்தவேண்டும்.

18. மைக்ரோ அலைகள்

(Micro waves)

2000 மெகாஹெர்ட்சியன்களுக்கும் உயர்வான அதிர்வெண் களுடைய அலைகள் மைக்ரோ அலைகள் எனப்படும். பாடம் (12)-ல் சொல்லப்பட்ட அலையியற்றிகள் 100 மெகாஹெர்ட்சியன்களுக்கு மேற்பட்ட அலைகளியற்றப்பயன்படா. இதற்கான காரணங் களாவன: (1) மீஉயர் அதிர்வெண்களில் சாதாரண வெற்றிடக் குழாய்களின் அகமின் தேக்கமும், அகமின் நிலைமமும் மிகக் குறைந்த மின்மறுப்பையே தருகின்றன. இதனால், அவை குழாய் களுக்குச் செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தங்களுக்குக் குறுக்குப் பாதை யாகி ஆற்றல் பாழாகின்றது. மேலும் ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் களுக்குமேல் இந்த அகமின்மறுப்புகள் தன்இயைவு (self resonance) தோற்றுவிக்கின்றன. இந்த இயைவு அதிர்வெண்ணுக்குமேல் அக் குழாய்கள் பயன்படா.

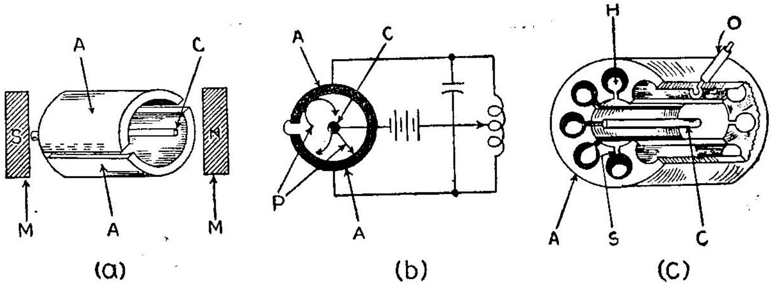
(2) செயல்படும் அதிர்வெண்களில், எலக்ட்ரான்களின் கடக்கும் காலம், ஒரு சைக்கிளின் கணிசமான பகுதியாகிறது. இதனாலும் ஆற்றல் வீணாகிறது.

(3) மற்றும் மீஉயர் அதிர்வெண்களில், குழாயிலுள்ள மின் வாய்கள் மற்றும் அவற்றுடன் இணைந்த சுற்றுகளின் பரிமாணங்கள் இயற்றப்படும் அலையின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்கவையாத லால் அவற்றிலிருந்தே நேர்முகமாக கதிர்வீச்சு நிகழ்கிறது. இக் குறைகளைத் தவிர்ப்பதற்காகவென்றே அமைக்கப்பட்ட 'அகார்ன்' (acorn) மற்றும் 'லைட்ஹவுஸ்' (lighthouse) குழாய்கள் 300 முதல் 2000 மெகாஹெர்ட்சியன்கள் வரையிலான அதிர்வெண் நெடுக் கத்தில் நல்ல முறையில் செயல்படுகின்றன. ஆனால் 2000 முதல் 30,000 மெகாஹெர்ட்சியன் வரை உள்ள அதிர்வெண்களைப் பெற புரட்சிகரமான நுணுக்கங்கள் தேவைப்படுகின்றன. குழாயின் குறைகளையே - எலக்ட்ரான்களின் கடக்கும் காலம் மற்றும் குழாயின் பரிமாணங்களையே பயன்படுத்தி இந்த இலக்கினை எட்ட முடிகிறது.

அப்படித் தயாரான குழாய்களில் முக்கியமான மேக்னெட்ரானைப் பற்றிப் படிப்போம்.

18.1 மேக்னெட்ரான் (Magnetron)

இது ஒரு டயோடு குழாய் ஆகும்; இதன் மின்னோட்டத்தை ஒரு காந்தப்புலம் மாற்றவல்லது. 300 முதல் 30,000 மெகாஹர்ட்சி யனுக்கும் அதிகமான மைக்ரோ அலைகளை பல்லாயிரம் கிலோவாட் திலனுடன் மேக்னெட்ரான் இயற்றும். முன்னுள்களில் இக் குழாயில் பிளந்த ஆனோடு (split anode) உண்டு. படம் [18.1(*a*)] காண்க. இதன் கேதோடு நீண்ட இழை வடிவமானது; இதனை அச்சாகக் (axis) கொண்ட உருளை வடிவத் தகடு ஆனோடு ஆகும். ஆனோடு



படம் 18.1

இரட்டை எண்ணிக்கையான துண்டங்களாகப் பிளக்கப்பட்டுள்ளது (படத்தில் இரண்டு துண்டங்கள் காணப்படுகின்றன). குழாயின் அச்சுக்கு இணையாக ஒரு காந்தப்புலம் தோற்றுவிக்கப் படுகிறது; எனவே காந்தப்புலமானது கேதோடுக்கும் ஆனோடுக்கும் இடையே உள்ள மின்புலத்தை நேர்க்குத்தாக உள்ளது. நிலையான காந்தமோ அல்லது மின்காந்தமோ தேவையான காந்தப்புலத்தைப் பெறப் பயன்படுத்தப்படலாம்.

செயல்முறையில், ஆனோடின் துண்டங்கள் கேதோடைப் பொறுத்து நேர்மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப்படுகின்றன. காந்தப் புலம் இல்லையெனில், எலக்ட்ரான்கள் நேர்கோட்டுப் பாதையில் ஆனோடிற்குச் செல்கின்றன. ஆனால், பிரயோகிக்கப்படும் காந்தப் புலத்தின் வலிமை அதிகரிக்கப்பட்டால், எலக்ட்ரானின் பாதை மேன்மேலும் வளைந்து முடிவில் வட்டப் பாதையாகிறது. ஒரு குறிப் பிட்ட புல வலிமையுள்ளபொழுது, எலக்ட்ரான்கள் ஆனோடை அடையாமல் வட்டப்பாதை வழியாகத் திரும்பவும் கேத்தோடைச் சேர்க்கின்றன. படம் [18.1(*b*)] காண்க. இதுதான் ஆனோடு

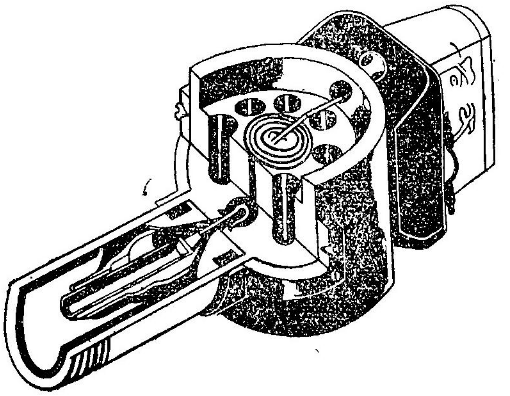
மின்னேட்டம் வெட்டப்படும் நிலை. இதற்கு மேலும் புல வலிமை அதிகரித்தால், வட்டப் பாதைகளின் ஆரங்கள் குறைகின்றன.

இயைவுச் சுற்று ஒன்றின், உறுப்புகளாக ஆனேடு துண்டங்களை இணைத்து, ஆனேடு மின்னேட்டம் வெட்டப்படும் நிலைக்கு அதாவது எலக்ட்ரான்கள் ஆனேடைத் தொட்டு விலகும்-நிலைக்கு காந்தப்புலத்தைச் சீரமைத்தால் மீமீஉயர் அதிர்வெண்களில் அலை யியற்றலாம். இச்செயல் முறை எலக்ட்ரானின் கடக்கும் காலத்தைப் பொறுத்தது. ஆனேடு துண்டங்களில் செலுத்தப்பட்ட மாருத மின்னழுத்தத்தின்மீது மற்ளெரு மாறுதிசை மின்னழுத்தம் மேற்பொருத்தப்படுகிறது; இதனுல் ஆனேடு மின்னழுத்தமானது குறிப்பிட்ட *dc* மதிப்பை மையமாகக் கொண்டு மாறுகிறது. எலக்ட்ரானின் ஒரு முழுவட்டச் சுழற்சிக்குத் தேவையான கடக்கும் காலத்திற்குச் சமமாக *AC* மின்னழுத்தத்தின் அலைவு நேரத்தைச் சீரமைத்தால் சில எலெக்ட்ரான்கள் ஆனேடின் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தால் வேகம் குறைக்கப்பட்டு ஆனேடிற்கு ஆற்றலைத் தரும்; வேறுசில எலக்ட்ரான்கள் முடுக்கம் பெற்று *AC* மின்புலத்திலிருந்து ஆற்றலைப் பெறும். ஆனேடைத் தொட்டுச் செல்லும் எலக்ட்ரான்களில் பெரும்பான்மையானவற்றிலிருந்து மின்புலமானது ஆற்றலைக் கவர்ந்து கொள்ளும் வகையில் குழாயைச் சீரமைக்கலாம். குழாயுடன் இணைந்த இயைவுச் சுற்றில் மிகுந்த ஆற்றலுடைய அலைவுகள் தொடர்ந்து நிகழ இவ்வாற்றல் உதவுகிறது. எலக்ட்ரான்களின் கடக்கும் காலமே அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணைப் பெரும்பாலும் நிர்ணயிக்கிறது. கடக்கும் காலம் நிர்ணயிக்கும் அதிர்வெண்ணுடன் ஒப்பிட மிகக் குறைவான அதிர்வெண்களிலும் மேக்னெட்ரானை 'எதிர்' மின்தடை அலையியற்றியாகப் (negative resistance oscillator) பயன்படுத்தலாம். இச் செய்முறையில் குழாய்க்குப் புறமான இயைவுச் சுற்றின் மாறிலிகளைச் சீரமைப்பதால் அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணைத் தொடர்ந்து மாற்ற வழியுண்டு.

18.2 பொந்து மேக்னெட்ரான் (Cavity Magnetron)

தற்காலத்தில் சூப்பர் உயர் அதிர்வெண் (Super high frequency) களில் அலையியற்றும் மேக்னெட்ரான்களில் உள்ள பல ஆனேடுகளும் பொந்து அதிர்வி (Cavity resonator) களாகும். இப் பொந்துகள் தாமிர உருளையில் உள்ளன. வெப்பம் உமிழ்வதற்கு வசதியாகத் தாமிரம் பயன்படுகிறது. இவ்வுருளையின் மையத்தில் கணிசமான விட்டமுடைய தண்டாக கேத்தோடு உள்ளது. தாமிர உருளையில் வட்டத்துளைகள் அல்லது பொந்துகள் வெட்டப்பட்டுள்ளன. உருளையும் 4 முதல் 16 அல்லது அதற்கும் அதிகமான துண்டங்களாகப் பகுக்கப்படுகிறது. வைகள்

ஆனோடுகளாகப் பயன்படுகின்றன. கேதோடு-இது பொதுவானது-உள்ள பகுதியையும் வட்டத்துளைகளையும் இணைக்கும் ஆரப்பிளவைகளும் (Radial slots) உள்ளன. வட்டத்துளைகளே ஒத்ததிரும் பொந்துகளாகும். ஒவ்வொரு பிளவையும், அது இணைத்துள்ள பொந்தும் சேர்ந்து இயைவு செய்யப்பட்ட மின்னியல் சுற்றுக்கு இணைமாற்று ஆகும். பிளவைக்குப் பெரும்பாலும் மின் தேக்கு திறனும், பொந்துக்கு மின்நிலைமத்திறனும் உண்டு. தக்க காந்தப்புல வலிமையும், வோல்டேஜும் உள்ளபொழுது வட்டமிடும் எலக்ட்ரான்களின் கூட்டத்திலிருந்து ஆற்றல் ஒத்ததிரும் பொந்து



படம் 18.2

பல பொந்துகளுடைய மேக்னெட்ரான்

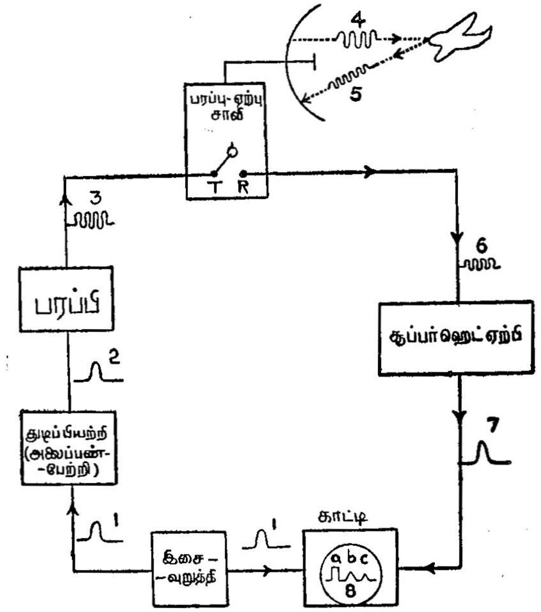
களுக்கு மாற்றப்படுகிறது; இதனால் மிகுந்த ஆற்றலுடைய அலைகள் தொடர்ந்து எழுகின்றன. ஏதாவதொரு பொந்தில் நுழைக்கப்பட்ட சிறிய கம்பி வளையமானது பொந்தில் ஏற்படும் அலைவுகளை வெளியீடாகச் சுற்றுக்குப் பிணைக்கிறது. பல பொந்துகளுடைய மேக்னெட்ரானின் படம் மேலே படம் (18.2)-ல் காட்டபட்டுள்ளது.

18.3 ரேடார் (Radar)

ஆங்கிலத்தில் 'Radio detection and ranging' என்ற சொற்றொடரின் முதல் எழுத்துக்களால் ஆன ஒரு சொல் ரேடார் ஆகும். ரேடியோ அலைகளின் உதவியால் தொலைவிலுள்ள பொருள்களைக் 'கண்டு' அவற்றின் இருப்பிடத்தையும் தொலைவையும் கணித்தலே ரேடார் ஆகும். இது செயல்படும் முறை 'எதிரொலி' முறைதான்.

நூறுயிரம் வாட்டுகள் ஆற்றலுடன், மில்லியனில் ஒரு பங்கு செகண்டுக்கு செயல்படும் ரேடியோ அலைகள் பரப்பப்படுகின்றன. இவ்வலைகள் மிகக் குறுகிய காலத்திற்கே அனுப்பப்படுவதால்

அவற்றைத் துடிப்புகள் (Pulses) என்கிறோம். இத் துடிப்புகளை முற்றிலும் சமமான இடைப்பொழுதுகளில் செலுத்தவேண்டும். இவ்விடைப்பொழுதுகள் தொலைதூரங்களை அளப்பதற்கு உதாரணமாக $\frac{1}{25}$ செகண்டுகளாகவும், குறுந்தொலைவுகளை அளப்பதற்கு $\frac{1}{5000}$ செகண்டுகளாகவும் இருக்கலாம். இதற்குப் பயன்படும் பரப்பி (Transmitter) ஒரு மைக்ரோ செகண்டுக்கு அலைகளை வெளியிட்டுப் பின்னர் $\frac{1}{25}$ அல்லது $\frac{1}{5000}$ செகண்டுகளுக்கு வாளாவிருக்கும். இத்துடிப்பலைகள் பரவும் திசையில் உள்ள பொருள் அவற்றைப் பிரதிபலிக்கும் வன்மையுடையதாயிருத்தல் அவசியம். மின்காந்த அலைகளை உட்கவரும் தன்மையுடைய பொருள்களைக் கண்டுபிடிக்க ரேடார் உதவாது.) பரப்பப்படும் அலைகள் பிரதிபலிக்கப்பட்டு மீண்டும் (பரப்பிக்கருகிலேயேயுள்ள) ஓர் ஏற்பியை வந்தடையத் தேவையான நேரத்தைக் கணக்கிட ஒரு கேதோடு கதிர் ஆசிலோகிராஃப் பயன்படுகிறது. பரப்பி அனுப்புகிற துடிப்புகளைக் கிடக்கைத் தகடுகளுக்கும் மற்றும் பிரதிபலிப்பால் பெறப்பட்ட துடிப்புகளைக் குத்துத் தகடுகளுக்கும் செலுத்தினால், ஆசிலோகிராஃபின் திரையில் 'எதிரொலிப்பு'கள் 'பிப்பு' (pips) களாகக் காணப்படும் எதிரொலிப்புகள் இல்லையெனில் 'பிப்பு'கள் காணப்படா. மற்றும் இரண்டு அடுத்தடுத்த 'பிப்பு'களிடையே உள்ள கிடைத்தூரத்தை அளந்து பொருளிருக்கும் தொலைவைக் கணக்கிடலாம். மற்றும் துடிப்புகள் எத்திசையில் செலுத்தப்பட்டன என்பதிலிருந்து பொருளிருக்கும் திசையையும் அறியலாம்.



படம் 18.3

சாதாரண ரேடார் அமைப்பின் செயல் விளக்கம்.

18.4 ரேடாரின் முக்கிய அங்கங்களும் அவற்றின் செயல்களும்

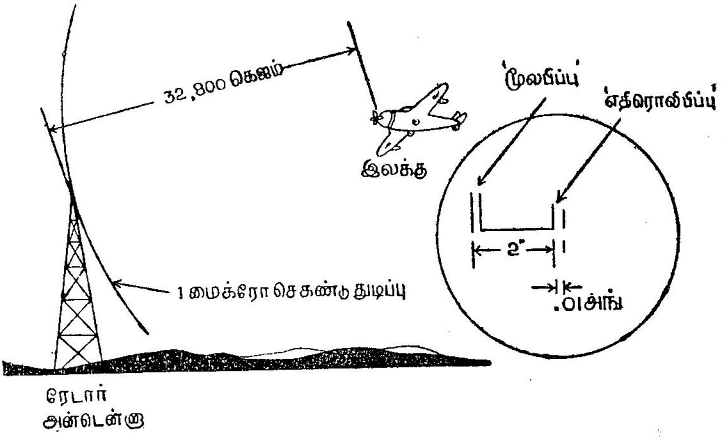
படம் (18.3)ஐக் கவனிக்க. இதனில் ஒரு துடிப்பியற்றி (Pluse generator or pulser), ஒரு பரப்பி, ஓர் ஏற்பி, ஒரு CRO ஆகியன இசைவுறுத்தியுடன் (Synchroniser) இணைகின்றன.

. துடிப்பியற்றியின் ஒரே ஒரு துடிப்பு பரப்பியிலிருந்து வெளியிடப் படும் அதே கணத்தில் ஆசிலோகிராஃபின் திரையில் (அதாவது காட்டி-Indicator-யில்) நேர்கோட்டுக் காலவடியும் வரையத் தொடங்குமாறு இசையுறுத்தி செய்கிறது. பரப்பியானது மிகுந்த ஆற்றலுடைய VHF அலைகளைப் (இவை துடிப்புகளால் அலைப்பண் பேற்றம் பெற்றவை) பரப்புகிறது. இவ்வலைகள் ஒரு பரப்பு–ஏற்பு (Transmit-Receive) சாவி வழியாக அன்டென்னுவை அடை கின்றன. இந்த அன்டென்னு சீராகச் சுழன்று கொண்டே யிருக்கும். அதே கணத்தில் செலுத்தப்பட்ட துடிப்பானது காட்டியில் இடது ஓரத்தில் பதிவாகிறது. பரப்பப்பட்ட துடிப்பு ஏதாவதொரு இலக்கை (Target)த் தட்டினுல் ஒரு மெல்லிய ‘எதிரொலி’ கிடைக்கும். பரவும் அலைக்கற்றையின் மையத்தில் இலக்கு அகப்பட்டால் ‘எதிரொலி’ வலிமையாகவிருக்கும். அதாவது அன்டென்னுவின் அச்சு இலக்கு இருக்கும் திசையைக் காட்டும் பொழுதில் வலிமையான எதிரொலி கிடைக்கும். நடைமுறையில், வலிமையான ‘எதிரொலி’ கிடைக்கும் வரை அன்டென்னுவானது சுழன்று கொண்டே இருக்க வேண்டும்.

இடைப்பொழுதில், வேகமாகச் செயல்படும் T–R சாவியானது ஏற்பு நிலைக்கு வந்து விடுகிறது; இதனுல் ‘எதிரொலி’யானது ஏற் பிக்குச் செலுத்தப்படும். அங்கு அது பெருக்கப்பட்டு பண்பிறக் கமும் நிகழ்கிறது. ஏற்பியின் வெளியீடு காட்டிக்குச் செலுத்தபட, அதனில் அது ஒரு ‘பிப்பு’ தோற்றுவிக்கிறது. இந்த ‘எதிரொலி பிப்பு’ முதலாவதாகத் தோன்றிய அதாவது செலுத்தப்பட்ட ‘மூல’ பிப் புக்கு வலத்தில் இருக்கும். மூல பிப்புக்கும் ‘எதிரொலி’ பிப்புக்குமான இடைத்தூரம் பொருளின் தொலைவை நேரடியாக கெஜங்களிலோ, மைல்களிலோ தரும். அன்டென்னு பார்த்திருக்கும் திசை இலக்கு காணப்பட்ட திசையாகும்.

இலக்கின் தொலைவைக் கணிக்க, வெளியேறிய துடிப்புக்கும் திரும்பி வந்த துடிப்புக்குமான இடைப்பொழுது துல்லியமாக அளக் கப்படவேண்டும். ரேடார் அலைகள் செகண்டுக்கு 186,234 மைல் கள் பரவுகின்றன. அதாவது ஒவ்வொரு மைக்ரோசெகண்டுக்கும் 984 அடி (அல்லது 328 கெஜம்) பரவுகின்றன. ரேடார் துடிப்பு ஒரு முறை சென்று திரும்ப வேண்டுமாதலால், அது கவர்ந்த தொலைவில் சரிபாதி இலக்கின் தொலைவு ஆகும்; அதாவது கழிந்த நேரத்தின் ஒவ்வொரு மைக்ரோ செகண்டுக்கும் 164 கெஜம் ஆகும். கழிந்த நேரத்தைக் காட்டியின் நேர்கோட்டுக் காலவடி அளக்கிறது.

உதாரணமாக ரேடாரின் அன்டென்ஞு ஒரு மைக்ரோ செகண்டு துடிப்புகள் செலுத்துவதாகக் கொள்க-அதாவது, ஒரு மைக்ரோ செகண்டுக்கு அலைகள் வெளியேறுகின்றன. காலவடியானது 100 மைக்ரோ செகண்டுகளுக்கு 1 அங்குலம் நகர்வதாகட்டும். 32,800 கெஜதூரத்தில் உள்ள ஒலி விமானம் ரேடார் அலைகளைப் பிரதிபலிக் கின்றது என்றும் கொள்வோம். படம் (18.4) பார்க்க. ஒரு



படம் 18.4

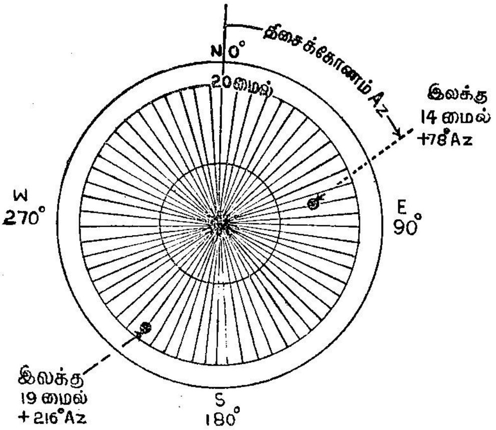
காட்டியின் திரையில் ரேடார் துடிப்புகள் தோன்றும் நேரம்

மைக்ரோ செகண்டு துடிப்பு ஒன்று வெளியேறும் பொழுது, காட்டி யில் 0.01 அங்குலஅகலமுள்ள மூல 'பிப்பு' தெரிகிறது. துடிப்பு 32,800 கெஜம் செல்ல 100 மைக்ரோ செகண்டுகளும், அது திரும்பி வர 100 மைக்ரோ செகண்டுகளும் தேவை. எனவே, காட்டியில் மூல 'பிப்பி'லிருந்து 2 அங்குலத் தூரத்தில் மற்றொரு 'பிப்பு' தோன் றுகிறது. இரண்டாவது 'பிப்'பின் அகலம் 0.01 அங்குலமிருக்கும். ஆயினும் பிப்புகளின் தொடக்க விளிம்புகளிடையே தூரம் 2" ஆகும்.

18.5 இருப்பிடம் காட்டி (Plan Position Indicator - PPI)

காட்டியிலேயே இலக்கு இருக்கும் திசையையும் தெரியப்படுத்து வது இருப்பிடம் காட்டியாகும். இதனில் ரேடார் கற்றையானது கண்ணோட்டமிடும் பரப்பு முழுவதையும் நாமும் தேசப்படம்போல் காணலாம். PPI காட்டியிலுள்ள ஒளி பொட்டு திரையின் மையத் திலிருந்து ஆரத்திசை (Radial direction) யில் நகரும். வட்டத் தின் பரிதியைத் தொட்டவுடன் விரைவில் மையத்திற்குத் திரும்பி,

சற்றே வேருன ஆரத்திசையில் மீண்டும் பரிதியை நோக்கி நகரும். அன்டென்ஞ சுழல்வதற்கு ஒளிப்பொட்டும் ஒருமித்து அத்திசை



படம் 18,5

இருப்பிடம் காட்டி (PPI)

களில் நகரும். ரேடாரின் இருப்பிடம் வட்டத்தின் மையமாகும். மையத்திலிருந்து ஆரத்திசையான தூரம் காலவடியாகும்; எனவே அது இலக்கின் தொலைவைக் குறிக்கும். வடதிசையை ஆரச் சுழற்சியின் (திசைக்கோணத்தின்) தொடக்கமாகக் கொண்டு, வலஞ்சுழியாக அலைகள் பரவும் திசை கணிக்கப்படும்.

தற்காப்பு வானிலையியல் முன்னறிவிப்புகள் (Meteorological forecasts) மற்றும் கடல், ஆகாயவழிப் பயணங்களிலும் ரேடார் மனிதகுலத்துக்குப் பெரும் பணியாற்றுகிறது. மற்றும் விண்வெளி ஆராய்ச்சிக்கும், பயணத்திற்கும் அது பயன்படுகிறது.

18.6 டெலிவிஷன் (TV) அல்லது தொலைக்காட்சி

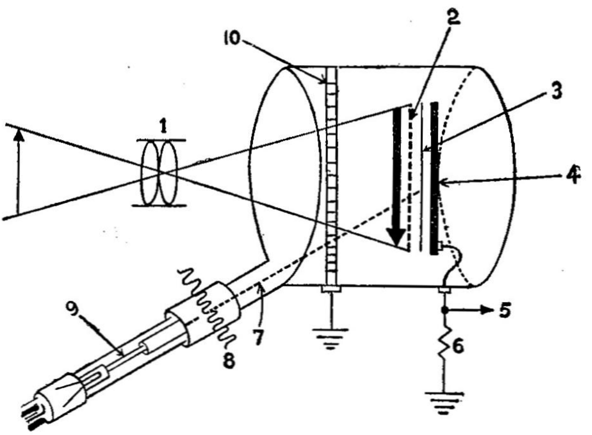
மீமீஉயர் அதிர்வெண்களுடைய மின் காந்த அலைகளைக் கொண்டு படங்களை நெடுந்தொலைவு இடமாற்றம் செய்வதே டெலி விஷன் எனப்படும். கண்ணுக் கெட்டாத் தொலைவில் நடக்கும் நிகழ்ச்சிகளை ஒரு திரையில் காட்டுகிறது டெலிவிஷன். வானொலி யில், ஓரிடத்தில் எடுக்கப்படும் ஒலியை மின்காந்த அலைகள் சுமந்து சென்று மற்ரேரிடத்தில் சேர்க்கின்றன என்று கண்டோம். அது போன்ற, ஒளியையும் மின்காந்த அலைகளைப் பயன்படுத்தி இட மாற்றம் செய்யவேண்டும். ஒலிஅலைகளை மைக்ரோன் மின்னியல் அலைகளாக மாற்றும்; ஆனல் ஒளிஅலைகளை ஒளிமின்கலம் (Photo

Electric cell) மின்னியல் அலைகளாக மாற்றும். இந்த மின்னியல் அலைகள் மின்காந்த அலைகளுக்கு அலைப்பண்பேற்றம் செய்கின்றன. இதுவே வானொலிக்கும் டெலிவிஷனுக்கும் உள்ள முக்கியவேறுபாடு. மேலும் வானொலிக்கு 30 மெகாஹெர்ட்சியன் அலைகள் வரம்பாகும். டெலிவிஷனுக்கு 30 முதல் 300 மெகாஹெர்ட்சியன் வரையிலான அலைகள் பயன்படுகின்றன.

பார்வை நீட்டிப்பின் பயனாக நாம் திரைப்படங்களைக்கண்டு மகிழ்கிறோம். ஓர் இயக்கத்தின் வரிசையான பல பகுதிகளையும் தனித்தனியான படங்களாக்கி அப்படங்களை அதே வரிசையில் வேகமாகக் காணும்பொழுது இயக்கம் நிகழ்வதாகத் திரையில் காண்கிறோம். அதேபோல் ஒரே படத்தின் பலபகுதிகளின் மீதும் வரிசையாக முறைப்படி ஒளிவிழச்செய்து, அப்பகுதிகள் பிரதிபலிக்கும் ஒளியை மின்னோட்டமாக்கலாம். இந்த மின்னோட்டத்தைக் கொண்டு மின்காந்த அலைகளுக்கு அலைபண்பேற்றம் செய்தால், அவை நெடுந்தொலைவுக்குப் 'படங்களை' அல்லது 'ஒளி'யைச் சுமந்து செல்லும். ஏற்கப்படும் இடத்தில் படத்தின் வெவ்வேறு பகுதிகளும் அதே வரிசையில் முறைப்படி மீண்டும் தோன்றச் செய்யவேண்டும்.

ஒளிப்படத்தைப் பகுதிகளாக்கி மின்னோட்டமாக்கும் வேலையை டெலிவிஷன் கேமரா செய்கிறது. மற்ற வேலைகளைப் பரப்பியும் ஏற்பியும்செய்ய ஒரு *CRO*-குழாய் மின்னோட்டத்திலிருந்து ஒளிமீட்கிறது.

18.7 டெலிவிஷன் கேமரா : ஒளிப்படத்தைப் பல பகுதிகளாகப் பிரித்து அவற்றின் ஒளிச்செறிவிற்கேற்ப மின்னோட்டத்தை ஏற்



படம் 18.6
ஐகனாஸ்கோப்

படுத்தும் செய்முறை 'வரிக்கண்ணோட்டம்' (Scanning) எனப்படும். வரிக்கண்ணோட்டம் செய்யப்பயன்படும் கேமராவை 'ஐகனுஸ்கோப்' அல்லது எமிட்ரான் (Iconoscope or Emitron) என்பர் படம் (18.6)-ல் ஐகனுஸ்கோப்பின் படம் காணப்படுகிறது.

ஒளிப்படம் மின்னயல் படமாதல்: ஒளியுண்ட படத்திலிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர்கள் லென்சுகளால் ஓர் ஒளி மின்னுணர்வு (Photo sensitive) உடைய திரையின் மீது குவிக்கப்படுகின்றன. இத்திரையை 'மொசைக்' (Mosaic) என்பர். மொசைக்கின் அமைப்பு பின்வருமாறு. மெல்லிய மைகா தகட்டின் ஒரு முகத்தில் 'சில்வர்-சீசியம்-ஆக்சைடு பொட்டுகள் பதிந்துள்ளன. ஒவ்வொரு பொட்டும் 1/1000 அங்குல அகலமும் மற்ற எல்லா பொட்டுகளிலுமிருந்தும் மைகாவினல் மின்காப்பும் உடையது. மைகா தகட்டின் மற்ற முகத்தில் கிராபைட் (Graphite) ஏடாகப் பூசப்பட்டுள்ளது. கிராபைட் மின்கடத்தியாகும். இதனைச் சைகை தகடு (Signal plate) என்பர். பொட்டுகளும், கிராபைட் ஏடும், அவற்றிடையே உள்ள மைகாவும் சேர்ந்து நுண்ணிய மின்தேக்கிகளாகின்றன. எல்லா மின்தேக்கிகளுக்கும் மைகாவே மின்கடத்தாப் பொருள் (Dielectric) ஆகும்; மற்றும் கிராபைட் ஏடு இந்த மின்தேக்கிகளுக்கெல்லாம் பொதுவான ஒருதட்டு ஆகும். மொசைக் திரையில் ஒளி விழும் பொழுது ஒவ்வொரு மொசைக் பொட்டும் எலக்ட்ரான்களை உமிழ்கிறது. உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையானது மொசைக் பொட்டின் மீதுவிழும் ஒளியின் பொலிவைப் பொறுத்தது. எனவே, ஒளியின் பொலிவிற்கேற்ப, ஒவ்வொரு மொசைக் மின்தேக்கியும் நேர் மின்னூட்டம் பெறுகிறது. (எதிர் மின்னூட்டம் உடைய எலெக்ட்ரான்கள் உமிழப்பட்டதால் மிச்சமிருப்பது நேர் மின்னூட்டம் ஆகும்.) எனவே, படத்தின் வெவ்வேறு புள்ளிகளின் பொலிவிற்கேற்ப, மொசைக் தட்டு முழுவதிலும் மின்னூட்டம் வெவ்வேருகப் பரவியுள்ளது. (மின்னூட்டம் சீரானதல்ல) அதாவது, பொலிவு வேறுபாடு உடைய படமானது மின்னூட்ட வேறுபாடு உடைய மின்னியல் படமாக்கப்பட்டது.

கண்ணுறு சைகை பெறுதல் (Obtaining a video signal)

மொசைக் மீதுள்ள மின்னியல் படம் அப்படியே பரப்பப்பட முடியாது. மொசைக் மின்தேக்கிகளைத் தனித்தனியே வரிசையாக மின்னிறக்கம் செய்து அவற்றிலிருந்து பெறப்படும் மின்னோட்டங்களையே அலையாக்கிப் பரப்பவேண்டும். இதற்கு 'வரிக்கண்ணோட்டம்' என்று பெயர். இதற்குக் கேமராவிலுள்ள் எலக்ட்ரான்கள் (Electron gun) பயன்படுகிறது. இந்த 'கன்னிலிருந்து வெளியேறும் எலக்ட்ரான் கற்றை மிகத்துல்லியமாகக் குவியமாகியுள்ளது.

இரண்டாவது ஆனோடின் நேர்மின்னழுத்தம் மிகவும் உயர்வாதலால் (ஏறத்தாழ 1000 வோல்ட்) எலெக்ட்ரான்கள் மீமுடுக்கம் பெறுகின்றன. இவை மொசைக் பொட்டுகள் மீது விழுகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான் கற்றையை இடம் வலமாகவும், மேல் கீழாகவும் விலக்கத் தேவையான காந்த விலக்கச் சுருள்கள் உண்டு. இந்த விலகல்கள் வரிசையாகவும் ஒழுங்காகவும் நடைபெறத்தேவையான இரம்பப்பல் மின்னழுத்தங்கள் தகுந்தவாறு செலுத்தப்படுகின்றன.

வரிக்கண்ணோட்டமிடும் எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒரு மொசைக் பொட்டினைத் தொடும்பொழுது (அதற்கு முன்னரே எலெக்ட்ரான்களை மொசைக் உமிழ்ந்திருப்பதால்) அதன் மீதுள்ள நேர் மின்னூட்டத்தைச் சமனம் செய்யும். இதனுல் மொசைக் மின்தேக்கி மின்னிறக்கம் செய்கிறது; மின்னிறக்கம் நிகழ்கையில் வேகமான மின்னோட்டம் பளுமின்தடையில் ஏற்படுகிறது. இந்த மின்னோட்டம் படப்பகுதியின் பொலிவுக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும் என்பது தெளிவு. எனவே பளுமின்தடையின் முனைகளுக்கிடையே தோன்றும் மின்னழுத்தம் கண்ணுறு சைகையைத் தருகிறது. மொசைக் முழுவதும் வரிக்கண்ணோட்டமிடும் பொழுது வரிசையாக ஒவ்வொரு படக்கூறும் ஒவ்வொரு கண்ணுறு சைகையைத் தரும். இச்சைகைகளின் வீச்சுகள் படக்கூறுகளின் பொலிவுகளைப் பொறுத்தன. வரிசையான கண்ணுறு சைகைகள் பெருக்கப்பட்டு மீஉயர் அதிர் வெண் அலைகளுக்கு அலைப்பண்பேற்றம் செய்யப்பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

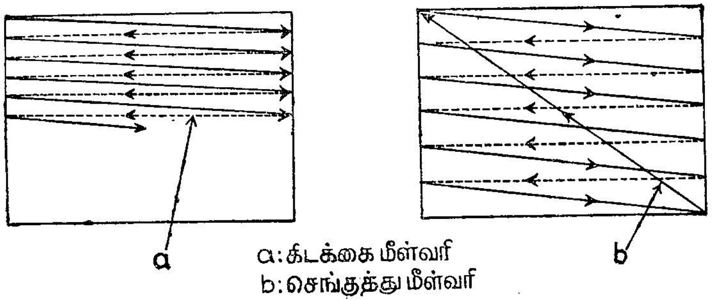
18.8 பிமப ஆர்திகான் (Image Orthicon)

ஐகனுஸ்கோப் செவ்வையாகச் செயல்பட மிகுந்த பொலிவுடைய படம் தேவைப்படுகிறது. கண்ணுல் காணப்படும் எந்தப் படத்தையும் டெலிவிஷனுக்க வல்ல பிம்பஆர்திகான் ஆகும் இதனில் ஓர் எலக்ட்ரான் பெருக்கி (Electron multiplier) உண்டு. இதன் உதவியாலேயே ஆர்திகள் மிகுந்த நுண்ணுணர்வு உடையதாகிறது.

18.9 வரிக்கண்ணோட்டம் (Scanning)

புத்தகத்தின் ஒரு பக்கத்தைப் படிப்பதுபோன்றதே வரிக்கண்ணோட்டம் ஆகும். படம் (18.7) காண்க. எலெக்ட்ரான் கற்றையானது இடமிருந்து வலமாக 'மெதுவாக' (அதாவது 100 மைக்ரோ செகண்டுகளில்) விலகிச் சென்று, வலது எல்லையை அடைந்தவுடன் 'மிகவேகமாக' (அதாவது 10 மைக்ரோ செகண்டுகளில்) இடது எல்லைக்குத் தாவுகிறது. இடது எல்லைக்குத் திரும்பும்பொழுது அது சற்றே தாழ்த்தபடுவதால் இரண்டாவது வரியைத் தொடங்குகிறது. இதுபோல் மேல்-இடது (Upper-Lefr) மூலையி

லிருந்து கீழ்வலது மூலைக்கு (Bottom-right) வரியாகச் சென்றவுடன் மீண்டும் மேல் இடது மூலைக்குத் தாவுகிறது. கிடக்கை இயக்கமும்



படம் 18.7

தொடர்ச்சிக் கிடக்கை வரிக்கண்ணோட்டம்

செங்குத்து இயக்கமும் மேற்பொருந்துகின்றன. படத்தில் காணப் படும் கிடக்கை மற்றும் செங்குத்து மீள்வரிகள் திரையில் தோன்றத் தேவையில்லை (தோன்றினால் படம் தெளிவாயிராது). எனவே, இம் மீள்வரிகள் வரையப்படும் பொழுது 'இருட்டடிப்பு' (Blackout) செய்யப்படுகிறது.

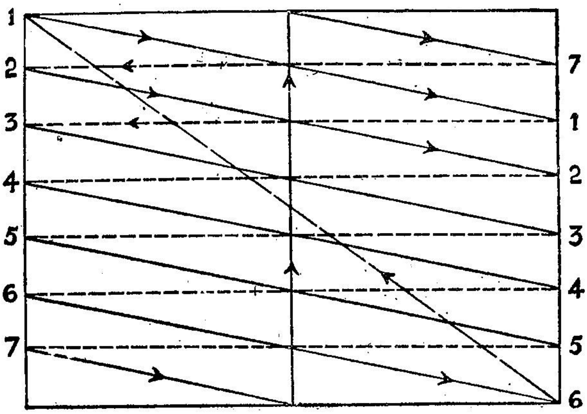
கிடக்கை வரிகள் அதிகமாக இருந்தால் மிகத்தெளிவான படம் கிடைக்கும். ஆயினும் நடைமுறையில் இடர்கள் காரணமாக ஒவ்வொரு பிம்பம் அல்லது சட்டத்திற்கும் (Image or frame) 525 கிடக்கை வரிகளே வரையப்படுகின்றன.

ஒரேயொரு படம் மட்டுமே தொலைக் காட்சியானால், இந்தத் தொடர்ச்சியான வரிக் கண்ணோட்டம் போதுமானதே. திரைப் படங்கள் போன்றதே தொலைக்காட்சியிலும் இயக்கம் தேவைப்படுவ தால், பின்னிய வரிக்கண்ணோட்ட முறை (Interlaced scanning) பயன்படுகிறது.

18.10 பின்னிய வரிக்கண்ணோட்டம்

திரை படங்களில் போலவே இங்கும் பார்வை நீட்டிப்பை மீண்டு மொருமுறை பயன்படுத்த வேண்டும். ஒவ்வொரு சட்டமும் (Frame) ஒன்றன்பின் ஒன்றாக ஒளிர்திரையில் தோன்றவேண்டும். இப்படி செகண்டுக்கு 30 சட்டங்கள் தோன்றினால் இயக்கம் நிகழ் வதாகப் பிரமை ஏற்படும். இத்தனை வேகமாகச் சட்டங்கள் நகர்ந் தாலும் காட்சியில் ஓர் ஒளிச்சிமிட்டல் (Flicker) தோன்றும். இதனைத்

தவிர்க்கக் கூடியது பின்னிய வரிக்கண்ணோட்டம் ஆகும். படம் (18.8)-ல் இம் முறை விளக்கப்படுகிறது. இதனில் ஒவ்வொரு



படம் 18.8

பின்னிய வரிக்கண்ணோட்டம்

சட்டத்திலுமுள்ள மொத்த வரிகள் இருபகுதிகளாக்கப் படுகின்றன. இப் பகுதிகளைப் 'புலங்கள்' (Fields) என்பர்.

முதல் புலம் காட்டப்படும் பொழுது ஒற்றைப்படையான வரிகள் மட்டுமே கண்ணோட்டமிடப்படுகின்றன; இரண்டாவது புலம் காட்டப்படும்பொழுது இரட்டைப்படையான வரிகள் கண்ணோட்டமிடப் படுகின்றன. முதல் புலத்தின் கடைசிவரி (படத்தில் 7ஆவது வரி) பாதியே வரையப்பட்டபின் செங்குத்து மீள்வரியானது எலக்ட்ரான் கற்றையைப் பிம்பத்தின் மேல்மட்டத்திற்குக் கொண்டு செல்கிறது. அங்கிருந்து தொடங்கி முற்றுப்பெருதவரியை முழுமையாக வரைந்து பின்னர் (இரண்டாவது புலத்தில்) இரட்டைப்படையான வரிகள் வரையப்படுகின்றன. படத்தில் தெளிவிற்காக ஏழு வரிகளே காணப்படுகின்றன. நடைமுறையில் ஒவ்வொரு புலமும் சட்டத்தின் மொத்தவரிகள் 525-ல் பாதியான 262-5 வரிகளுடையன. ஒவ்வொரு சட்டத்திற்கும் இரண்டு புலங்கள் காட்டப்படுவதால் ஒரு செகண்டுக்கு 60 புலங்கள் தோன்றும்.

18-11 இசைவு பொருத்தம் (Synchronisation)

டெலிவிஷன் கேமராவின் எதிர்ப்பிரதிதான் காட்சிக்குழாய் (Picture tube) ஆகும் என்பது தெளிவு. கேமராவிலும் காட்சிக்குழாயிலும் ஒருங்கே (Simultaneous) வரிக்கண்ணோட்டம் நிகழ்வதற்காகக் கேமராவில் இருட்டடிப்பு நிகழும் பொழுதில் சில சைகை

கள் அனுப்பப்படுகின்றன. இவற்றை இசைவுறுத்தும் சைகைகள் (Sync. Signals) என்பர்.

18.12 டெலிவிஷன் அதிர்வெண்கள் (TV frequencies)

பரப்பப்படும் அதிர்வெண்களின் பட்டை அகலம் அதிகமாயிருந்தால் தெளிவான காட்சி கிடைக்கும். *TV* நிலையங்களுக்கு ஒதுக்கப்பட்ட பட்டை அகலம் 6 மெகா ஹெர்ட்சியன்கள் ஆகும். ஒலி பரப்பு ரேடியோ அலைவரிசையில் (Broad cast radio waves) குற்றலையிலிருந்து நீள் அலை ஈருன பட்டையின் அகலமே 30 மெகாஹெர்ட்சியன்கள் தாம். இந்த அகலத்தில் 5 டெலிவிஷன் நிலையங்களே செயல்பட இயலும். எனவே அதிகமான டெலிவிஷன் நிலையங்கள் செயல்பட வசதியாகவும், அவை ரேடியோவுடன் குறுக்கிடாமலும் இருக்க டெலிவிஷனுக்கு 30 முதல் 1000 மெகா ஹெர்ட்சியன் வரையான அதிர்வெண்கள் ஒதுக்கப்பட்டுள்ளன.

இந்த மீஉயர் அதிர்வெண்கள் அயனி மண்டலத்தால் கவரப்படும் என்று படித்தோம். எனவே இவ்வதிர்வெண்களில் புவிமட்ட அலைகள் மட்டுமே தொடர்புக்குப் பயன்படும். ஆனால் புவிமட்ட அலைகள் பரவும் தொலைவு குறைவாகும். எனவேதான் டெலிவிஷன் அன்டென்னுக்கள் 'பார்க்கக்' கூடிய தொலைவிற்குத்தான் தொலைக்காட்சி பெற இயலும். அதிகத் தொலைவிற்குக் காட்சி 'செல்ல' வேண்டுமானால், *TV* அஞ்சல் நிலையங்கள் (TV relay stations) தேவைப்படுகின்றன. இந்த அஞ்சல் நிலையங்களிடைத் தொலைவு ஏறத்தாழ 200 மைல்களாகும்.

டெலிவிஷன் நிகழ்ச்சிகளில் கேட்கப்படும் ஒலியானது அதிர்வெண் பண்பேற்ற முறையில் (*FM*) பரப்பப்படுகிறது. இதன் ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணனது டெலிவிஷனின் ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண்ணைவிட 4.5 மெகாஹெர்ட்சியன் அதிகமாயிருக்க வேண்டும். இரண்டு ஊர்தி அலைகளையும் ஒரே அன்டென்னு மரப்பும்.

18.13 துணைக்கோள் தொடர்பு (Satellite communication)

மீஉயர் அதிர்வெண்களில் வான் அலைகள் வளிமண்டலத்தை ஊடுருவதால் அவைகள் தொலைத் தொடர்புக்குப் பயன்படா என்ற கூற்றைத் துணைக்கோள்கள் பொய்ப்பித்தன. புவியைச் சுற்றிச் சுழலும் துணைக்கோள்கள் இந்த அதிர்வெண்களைப் புவிநோக்கிப் பிரதிபலிக்கின்றன. இதன் பயனுக டெலிவிஷன் நிகழ்ச்சிகள் ஆயிரக்கணக்கான மைல் தொலைவிற்கு, அஞ்சல் நிலையங்கள் உதவியின்றிப் பரவுகின்றன. மேலும் உலகம் சுற்றிய ரேடியோ தொடர்புக்கும் துணைக்கோள்கள் உதவுகின்றன.

18.14 மேசர் (The Maser)

மீமீஉயர் அதிர்வெண் அலைகளின் வலிமையானது தொலைவு அதிகம் ஆகஆக வெகுவாகக் குறைந்து விடுகிறது. சாதாரண பெருக்கிகள் அவைகளைப் பெருக்க இயலவில்லை. அவற்றை நல்ல முறையில் பெருக்குவன மேசர்களாம். ஆங்கிலத்தில் (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) என்ற சொற்றொடரிலுள்ள சொற்களின் முதல் எழுத்துகள் மட்டும் சேர்ந்து உருவாகிய சொல் மேசர் (Maser). 1935-ல் *C.H.* டௌன்ஸ் என்பார் இதனைக் கண்டமைத்தார். ஒத்ததிர்வைப் பற்றி நாம் அறிவோம். உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் உள்ள ஒரு மூலத்தின் கதிர்வீச்சு அலைவுகளும், குறைந்த வெப்ப நிலையில் உள்ள ஒரு பொருளின் இயல்பான அலைவுகளும் ஒத்து நிகழும்பொழுது, முந்தைய கதிர்வீச்சின் ஆற்றலைக் குறைந்த வெப்ப நிலையில் உள்ள பொருளின் அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் கிரகித்துக் கொள்கின்றன. மறுதலையாக, ஓர் அணுவோ மூலக்கூறோ இயல்பாகவே அதிர்ந்தால் அது வீசும் அலைவுகளின் அதிர்வெண் அதன் இயல்பு அதிர்வெண்ணாகும். அதாவது, சூடாக உள்ள அணு உயர்மட்ட ஆற்றலுடையது-வீசுகின்ற அலைகள் அல்லது ஃபோட்டான்களின் (Photons) அதிர்வெண்ணும், அதுவே குளிர்வாக உள்ளபொழுது கிரகிக்கும் அலைகளின் அதிர்வெண்ணும் சமமே. ஒத்ததிர்வு நிகழும் பொழுது கதிர்வீசுதலின் வீச்சு (Amplitude) மிகவும் உயர்கிறது.

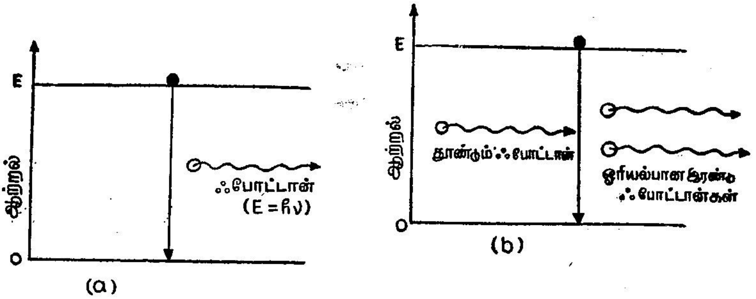
ஓர் அணு கீழ் ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து மேல் ஆற்றல் மட்டத்திற்குத் தாவும் பொழுது குறிபிட்ட அதிர்வெண்ணுடைய ஃபோட்டானைக் கிரகித்துக் கொள்ளும். அதே அணு மேல்மட்டத்திலிருந்து கீழ்மட்டத்திற்கு விழும்போது அதே அதிர்வெண்ணுடன் ஃபோட்டானை உமிழும். ஓர் அணுவின் ஏதாவது இரண்டு ஆற்றல் மட்டங்களிடையே உள்ள வேறுபாட்டிற்குச் சமமான ஆற்றலுடைய ஃபோட்டான் அவ்வணுக் கூட்டத்தினுள் பாய்ந்தால் அது கவரப்பட்டு அணுவானது மேல்மட்டத்திற்குத் தாவும். மாறுக, மேல் மட்டத்திலுள்ள அணுவுடன்அதே ஃபோட்டான் மோதினால், அணுக் கீழ்மட்டத்திற்குத்தாவி, அதிகப்படியான ஆற்றலை ஃபோட்டானாக உமிழும். எனவே, ஒரு ஃபோட்டானிலிருந்த இடத்தில் இப்போது அதனையும் சேர்த்து இரண்டு போட்டான்கள் கிடைக்கின்றன. எனவே அணுக்களை மேல்மட்டத்திற்கு உயர்த்திப் பின்னர் அவற்றின் வழியே தகுந்த ஃபோட்டான்களை அனுப்பினால், கீழ் மட்டத்திற்குத் தாவும் அணுக்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்கும். இதன் விளைவாக. செலுத்தபட்டவற்றைவிட அதிகமான ஃபோட்டான்கள் வெளிவரும். அதாவது வெளிவரும் அலையானது உள்ளே சென்றதைவிட அதிக ஆற்றல் உடையது; இதுவே பெருக்கமாகும். இவ்வாறு மேசர் செயல்படுகிறது.

தொடர்ந்து செயல்படும் மேசரில் ஹீலியம் மற்றும் நியான் வாயுக்கள் பயன்படுகின்றன. இவ்வாயுக்களின் கலவை வழியே மின்னோட்டம் பாய்கிறது; இதனால் ஹீலியம் அணுக்கள் உயர் ஆற்றல் மட்டங்களில் உள்ளன. இவற்றில் சில நியான் அணுக்களுடன் மோதி அவற்றின் ஆற்றலை உயர்த்துக்கின்றன. இந்த நியான் அணுக்களுடன் மைக்ரோ அலைகள் மோதும் பொழுது இவ்வலைகள் பெருக்கப்படுகின்றன.

ரேடாரில் மேசர்கள் மிகுந்த பயன்தருகின்றன. இதனால் நெடுந்தொலைவிலுள்ள பொருள்களின் வடிவங்களை, அல்லது இடங்களின் படங்களை செவ்வையாக வரைய இயலும். ஏனவே பிற கோள்களைப் படமெடுத்தல் எளிதாகிறது. அண்டவெளியில் நெடுந்தொலைவிற்கும் கடலுக்கடியிலும் தொடர்பு கொள்ளவும் மேசர் உதவும்.

18.15 ஒளியியல் மேசர் அல்லது லேசர் (The optical maser or the laser)

மேசர் செயல்படும் தத்துவத்தையே பயன்படுத்தி ஒளியையும் —அதாவது ஒளியின் செறிவையும்—பெருக்க இயலும். லேசர் என்ற சொல் ஆங்கிலத்தில் (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) என்பதன் சுருக்கமே. லேசர் ஒளியைப் பெருக்குகிறது - அதாவது ஆற்றல் மிக்க ஒற்றைநிற ஒளிக்கற்றையைத் தருகிறது. இவ்வொளிக் கற்றையில் அலைகள் யாவும் ஓரியலானவை (Coherent). மிகமெல்லிய இக் கற்றை நெடுந்தொலைவிற்குச் செறிவு குறையாமல் செல்லும். சாதாரண விளக்கின் ஒளிக் கற்றையில் அலைகள் ஓரியலானவை அல்ல; மற்றும் அது வெவ்வேறு நிறங்களின் கலவையாகும்.



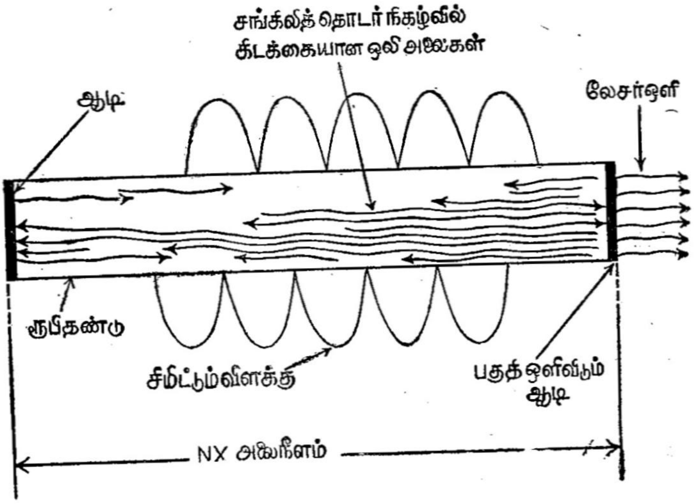
படம் 18.9

(*a*) தானாக உமிழ்வு (*b*) தூண்டு உமிழ்வு

ஓர் அணு மேல் ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து கீழ் ஆற்றல் மட்டத்திற்குத் தாவும்பொழுது ஒளியை உமிழ்கின்றது; இவ்வொளியின்

அதிர்வெண்ணனது அந்த இரண்டு மட்டங்களுக்கிடையேயான ஆற்றல் வேறுபாட்டைப் பொறுத்தது. கிளர்ந்த நிலையில் (Excited state) உள்ள அணு அடிநிலை (Ground state)க்குத் தாவுகவே தாவினால் அது ஆற்றலை—ஃபோட்டானை—உமிழும். தாவுகவே உமிழப்படும் ஃபோட்டானுக்குச் சமமான ஆற்றலுடைய, ஆனால் புறமிருந்துவரும் மற்றொரு ஃபோட்டான் கிளர்ந்த அணுவுடன் மோதினால், உமிழப்படும் ஃபோட்டான் மோதும் ஃபோட்டான் ஆக இரண்டும் சேர்ந்து ஓரியல்பாக—ஒத்த பிறைகளில்—வெளியேறுகின்றன.

லேசருக்குப் பயன்படும் பொருளை 'ஊடகம்' (The medium) என்பர். இதனுள் மின்காந்த ஆற்றலைப் பீச்சுவதால் அதனில் உள்ள அணுக்களில் பாதிக்கும் மேலானவை கிளர்ந்த நிலையை அடைகின்றன. இந்த அணுக்களில் சில அடிநிலைக்குத் திரும்பும்; அதே நேரத்தில் வேறுசில அணுக்கள் கிளர்ந்த நிலைக்குத் தாவும். இவ்வாறு உள்ளபொழுது ஊடகமானது புரண்ட அணுத்தொகை (Population inversion) உடையது என்பர். இந்த நிலையில்தான் லேசர் செயல்பட இயலும். கிளர்ந்த நிலையில் உள்ள அணுவின் மேல்மட்ட ஆற்றல் E_2, கீழ்மட்ட ஆற்றல் E_1, எனில்; $\frac{E_2 - E_1}{h} = \mathbf{r}$ என்பது உமிழப்படும் ஃபோட்டானின் அதிர்வெண் ஆகும். ஊடகத்தின் அணுக்



படம் 18.10

ரூபி லேசர் (Ruby laser)

கள் மீது அதிர்வெண் r உடையகதிர் வீச்சு விழுமாறுச் செய்யப்படு கிறது. தொடக்கத்தில் தானுகவே கீழ்மட்டத்திச்குச் சில எலக்ட் ரான்கள் தாவுகின்றன. இதனுல் உமிழப்பட்ட ஃபோட்டான்கள் புரண்ட அணுக்கூட்டத்திடையே பல முறை முன்னும் பின்னு மாகச் செல்லுமாறு ஊடகத்தின் அமைப்பு உள்ளது. இதன் இரு முனைகளிலுள்ள எதிரொலிக்கும் ஆடிகள் ஃபோட்டான்களைப் பல முறை பிரதிபலிக்கின்றன. இவை ஊடகத்தினுள் இயங்கி மீண் டும் மீண்டும் அணுக்களுடன் மோதுவதால் மேலும் மேலும் அதிக மான ஃபோட்டான்கள் உமிழப்படுகின்றன. ஊடகத்தின் நீள மானது உமிழப்படும் ஒளியின் அலைநீளத்தின் முழுமடங்குகளாக இருந்ததால் எல்லா ஃபோட்டான்களும் ஓரியல்புடையனவாகும். இந்த நிகழ்ச்சி மிகக்குறுகிய நேரத்தில் (செகண்டின் பகுதி) நடை பெறுகிறது. ஊடகத்தின் ஒருமுனையில் உள்ள ஒளி ஊடுருவும் ஆடி (Semi transparent mirror) வழியாக இறுதியில் லேசர் ஒளிக்கற்றை வெளிவருகிறது. இச்செயல் முறை விளக்கத்திலிருந்து லேசரானது விட்டு விட்டு இயங்கும் பண்புடையது என்பது தெளிவு.

1960-ல் Dr. மைமன் என்பார் அமைத்த ரூபிலேசர் படத்தில் காணப்படுகிறது. இதற்குப் பிறகு 'தொடர்ந்து இயங்கும்' லேசர் களும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

18.16 லேசரின் பயன்கள்

(1) லேசர் ஒளியின் அதிர்வெண் நிலையாக உள்ளதால் அதற்கு அலைப்பண்பேற்றம் செய்து செய்திகளை நெடுந்தொலைவுக்கு அனுப்பப் பயன்படுத்தலாம். அவ்வொளியின் அதிர்வெண்ணும் மீஉயர்வாதலால், மிக அதிகமான செய்திகளையும் அனுப்ப இய லும். லேசர் ஒளியிலிருந்து அலைப்பண்பிறக்கம் செய்ய ஒளி·மின் பெருக்கி (Photo multiplier) பயன்படும்.

(2) மிகு ஆற்றல் உடைய லேசர் ஒளியைக் குவியப்படுத்து வதால் உலோகங்களை மிகச்சிறுபொழுதில் உருக்கி விடலாம்; அதனை ஆவியாக்குதலும் எளிது. மிகவும் கடினமான டங்ஸ்டன் வைரம் போன்றவற்றில் எளிதில் துளைகளிடலாம். பகைவரின் எறி கலன்களையும் (Missiles), விமானங்களையும் எளிதில் அழிக்க லேசர் பயன்படும். அறுவை மருத்துவத்தில், இற்றுவிட்ட ரெடினவைச் சீராக்க லேசர் பயன்படும்.

(3) கோள்களை நிழற்படம் எடுக்கவும் லேசர் ஒளி பயன் படும். சாதாரணமான ஒளியைவிட அதிக அளவில் லேசரைக் கற்றையாக்க இயலுமாதலால், மிகக்குறுகிய பொருள்களையும் அதிகத் தெளிவுடன் படமெடுக்கலாம்.

(4) ராக்கெட்டுகளையும், துணைக் கோள்களையும் சரியான தடங்களில் இயக்க லேசர் உதவும்.

(5) லேசர் ஒளியை நீர் எளிதில் கவராதலால் கடலுக்கடியில் தொடர்பு கொள்ளவும் அது பயன்படும்.

19. டிரான்சிஸ்டர்ஸ்

(Transistors)

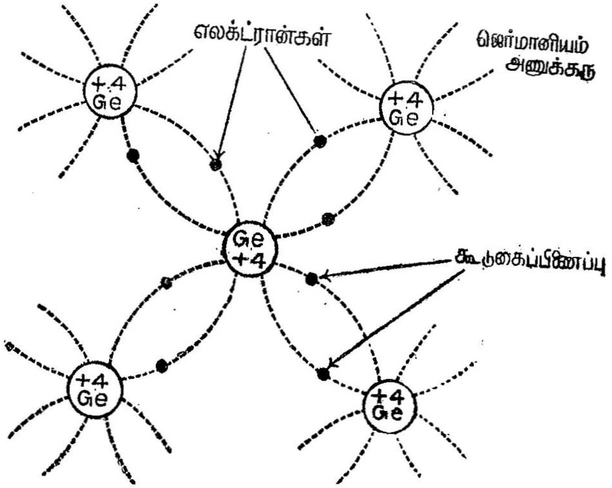
சமீபகாலத்தில் வெற்றிடக்குழாய்களுக்குப் பதிலாகப் பலவித எலெக்ட்ரானியல் கருவிகளிலும் டிரான்சிஸ்டர்கள் பயன்படுகின் றன. வில்லியம் ஷாக்லி, *J.* பார்டீன் மற்றும் *W.H.* பிராட்டேன் ஆகி யோர் இதனை 1948-ல் கண்டமைத்தனர். டிரான்சிஸ்டர்கள் குறைந்த பருமனுடையவை; மற்றும் இவற்றில் சூடேற்ற வேண்டிய இழை தேவையில்லை.; எனவே, சூடேற்ற ஆற்றலும் தேவை யில்லை. இவைகள் வெற்றிடக் குழாய்களை விட உறுதியானவை; மிகுந்த செயற்றிறனும் அதிக வாழ்நாளும் உடையன. எனவே வெற்றிடக்குழாய்களுக்குப் பதிலாக டிரான்சிஸ்டர்கள் அதிகமாகப் பயன்படுகின்றன.

19.1 குறைக்கடத்திகள் (Semi Conductors)

எல்லாப் பொருள்களையும் அவற்றின் மின் கடத்தும் திறனைப் பொறுத்து மூவகையில்பயன்படுத்தலாம். இவையாவன நற்கடத்தி கள், குறைக்கடத்திகள், கடத்தாப்பொருள்கள் ஆகும். உலோகங்க ளில் பல நற்கடத்தியான காப்பரின் (தாமிரத்தின்) மின்தடையெண் 1.6×10^{-9} ஓம். செமீ $= 1.6\times10^{-4}$ ஓம்-மீட்டர் ஆகும், சாதாரண வெப்ப நிலைகளில் உயர்மதிப்பு மின்தடை எண்ணுடைய திண்மங்கள் கடத்தாப்பொருள்களாம். அவற்றின் மின்தடை எண் 10^{9} முதல் 10^{13} ஓம்-செமீ (10^{7} முதல் 10^{16} ஓம்-மீட்டர்) வரை இருக்கும்; பீங் கான், குவார்ட்ஸ், கண்ணுடி மற்றும் மைகா சிலகடத்தாப் பொருள் களாம் நற்கடத்திகளை விட அதிகமாகவும், கடத்தாப் பொருள் களைவிடக் குறைவாகவும் மின்தடைஎண் உடைய பொருள்களைக் குறைகடத்திகள் (Semi conductors) என்பர். ஜெர்மானியம், சிலிக் கான் போன்றவை டிரான்சிஸ்டர்கள் செய்யப்பயன்படுகின்றன. சாதாரண வெப்பநிலையில் ஜெர்மானியத்தின் மின்தடைஎண் $=0.60$ ஓம்-மீட்டர்; சிலிக்கானுக்கு 1.5×10^{3} ஓம்-மீட்டர். இவைகள் குறை கடத்திகளாக இருக்கும் காரணம் இவற்றின் அக அமைப்பே. இந்த

அகஅமைப்பு படிகப்பண்பு உடையது. ஜெர்மானியத்தை உருக்கிக் குளிர்வித்தால் அதுபடிகமாகும். அப் படிகத்தில் ஜெர்மானிய அணுக்கள் ஒழுங்காக, வரிசைகளாக—அணிகளாக—உள்ளன. இதற்கு 'அணிக்கோவை' (Lattice) என்று பெயர். ஒரு ஜெர்மாணிய அணுக்கருவைச் சுற்றி நான்கு கூடுகை எலக்ட்ரான்களும் (Valence electrons) உள. அணிக்கோவையில் எந்தவொரு அணுக்கருவின் நான்கு கூடுகை எலக்ட்ரான்களும் அதனைச் சுற்றியுள்ள நான்கு அணுக்கருக்களுடைய கூடுகை எலக்ட்ரான்களுடன் பிணைந்துள்ளன. இப் பிணைப்பைக் கூடுகைப்பிணைப்பு (Covalent bond) என்பர். ஒவ்வோர் அணுக்கருவிற்கும் நான்கு கூடுகைப் பிணைப்புகள் உள. எனவே ஒவ்வோர் அணுக்கருவைச் சுற்றிலும் எட்டு எலக்ட்ரான்களால் நிறைக்கப்பட்ட கூடு (Filled shell) உள்ளது. இக்கூடு நிலைப்பாடுடையது. கூடுகைப் பிணைப்பு 0°*K*-ல் உறுதியானது.

எனவே, பிணைக்கப்படாத எலெக்ட்ரான்கள் ஏதும் 0°*K*-ல் இப்படிகத்தில் இல்லை. படம் (19.1) பார்க்க. [தாமிர படிகத்தில்



படம் 19.1

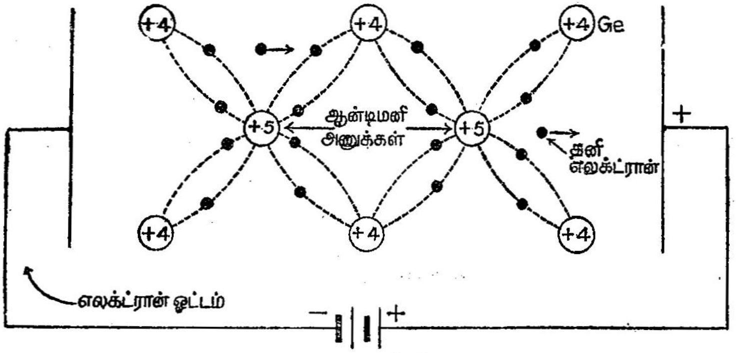
ஜெர்மானியப் படிகத்தின் அகஅமைப்பு.

எண்ணிலா எலெக்ட்ரான்கள் பிணைப்பற்றிருக்கின்றன என்பதை நினைவுறுக; இதனுற்றான் அது நற்கடத்தியாகிறது.] ஆனால் படிகத்தின் வெப்பநிலை உயர்ந்தால் அந்த எலெக்ட்ரான்களில் சில பிணைப் பறுத்துக் கொண்டுதன்னிச்சையாகச்சுற்றித்திரியும். இதனால் படி

கத்தின் மின்கடத்துதிறன் (Conductivity) அதிகரிக்கும். சாதாரண வெப்பநிலைகளில் இவ்வாறு நிகழாமையால், ஜெர்மானியம் குறைகடத்தியாகிறது. சிலிக்கானிலும் கூடுகை எலெக்ட்ரான்கள் நான்குதான். இதுவரை ஜெர்மானியத்துக்குக் கூறிய அனைத்தும் சிலிக்கானுக்கும் பொருந்தும்.

19.2 N-மற்றும் P-வகை ஜெர்மானியம்(N and P type Germanium)

சுத்தமான ஜெர்மானியத்துடன் வேற்றுப் பொருள் ஒன்றை மிகச்சிறிய அளவில் கலந்து படிகமாக்கினால் அதன் மின்கடத்து திறனை அதிகரிக்கலாம். ஆன்டிமொனி, ஆர்சனிக், பாஸ்பரஸ் அணுக்களில் ஐந்தைந்து கூடுகை எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன. இவற்றில் ஏதாவதொன்று-உதாரணமாக ஆன்டிமொனி-ஜெர்மானியத்துடன் கலப்படம் செய்யப்படுகின்றது. படிகமாக்கும் பொழுது ஆன்டிமொனி அணுக்களும் அணிக்கோவையில் இடம்பெறும்; இதனால் படிகப் பண்பு மாறுது. ஆன்டிமொனி அணுக்கருவின் ஐந்து கூடுகை எலெக்ட்ரான்களில் நான்கு, அதற்குச் சுற்றிலுமுள்ள ஜெர்மானிய அணுக்களின் எலெக்ட்ரான்களில் நான்குடன் பிணையும்; மிச்சமுள்ள ஓர் எலெக்ட்ரான் இச்சைபோல் சுற்ற வாய்ப்புள்ளது. ஒரு க. செ.மீ. ஜெர்மானியத்தில் 4.5×10^{22} அணுக்கள் உள்ளன. இவற்றில் 10^{7} அணுக்களுக்கு ஓர் ஆன்டிமொனி அணு என்ற விகிதத்தில் கலப்படம் செய்தால், மாசுற்ற ஜெர்மானியம் ஒரு க. செ.மீ.-ரில் 10^{15} ஆன்டிமொனி அணுக்கள் இருக்கும். அலாவது, 10^{15} எலெக்ட்ரான்கள் தங்களிச்சையாகத் திரிய வாய்ப்புண்டு. இவ்வாறு மாசுற்ற ஜெர்மானியத்தின் இரு



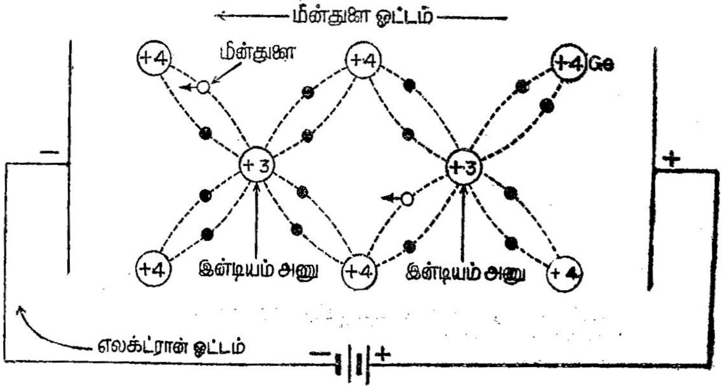
படம் 19.2

N-வகை ஜெர்மானியத்தில் எலெக்ட்ரான் ஓட்டம்.

முனைகளிடையே மின்னழுத்தவேறுபாடு படம் (19.2) ஏற்படுத்தினால், இந்த சுதந்தரமான எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாய்க்குச்

சென்று மின்னேட்டத்தை ஏற்படுத்தும். கூடுகை எண் (Valency) ஐந்து உடைய அணு 'கொடை அணு' (Donor) எனப்படும். இந்தக் கொடை அணுக்களால் மாசுற்ற ஜெர்மானியம் *N*-வகை ஜெர்மானியம் எனப்படும்; ஏனெனில், அதனில் மின்கடத்தல் எதிர்மின்னூட்டத்தால்-அதாவது எலெக்ட்ரான்களால்-நிகழ்கிறது.

இதற்கு மாருக, கூடுகை எண் மூன்று உடைய இண்டியம், அல்லது கேல்லியம் (Gallium) அல்லது போரான் (Boron) அணுக்கள் தூய ஜெர்மானியத்தை மாசுபடுத்தினல் என்ன நிகழும் என்று கவனிப்போம். படம் (19.3)-ல் காண்பது போல் இண்டியம் அணுக்கள் அணிக்கோவையில் இடம் பெறுகின்றன. ஒவ்வோர் இண்டியம் அணுக்கருவிற்குச் சுற்றிலும் மூன்று கூடுகை பிணைப்புகள் முழுமையாயுள்ளன; நான்காவதில் ஓர் எலெக்ட்ரான் குறை



படம் 19.3

P-வகை ஜெர்மானியத்தில் மின் துளைஓட்டம்.

கிறது; அதாவது நான்காவது எலெக்ட்ரான் இருக்க வேண்டிய இடம் நிரம்பாமல் காலியாக-துளையாக-உள்ளது. இதனை மின்துளை (Hole) என்பர். எலெக்ட்ரான் இல்லாத குறையை மின்துளையானது காட்டினலும், அது நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட துகளைப் போலவே நடைமுறையில் உள்ளது. ஒரு மின்புலத்தில் இவ்வகை ஜெர்மானியம் உள்ளபொழுது, எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை நோக்கி ஈர்க்கப்பட்டு அருகேயுள்ள மின்துளைகளில் விழுகின்றன. சுதந்திரமான எலெக்ட்ரான்கள் இல்லையாதலால், நேர்மின்வாய்க்கு அருகேயுள்ள இண்டியம் அணுக்கள் இடப்புறமாகவுள்ள அணுக்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களைத் 'திருடிக்' கொள்கின்றன; இதனுல் கூடுகை பிணைப்பு முறிந்து புதிய மின்துளைகள் இடப்புறத்தில் தோன்றுகின்றன. எலக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை நெருங்க, மின்

துளைகள் எதிர்மின்வாயை நெருங்குகின்றன. எனவே, நேர்மின்னூட்டத் துகள்கள் போல் மின்துளைகள் செயல்படுகின்றன. மின்துளைகள் எதிர்மின் வாயை நெருங்கும் பொழுது, எலெக்ட்ரான்கள் படிகத்தினுள் புகுந்து துளைகளை நிரப்புகின்றன; அதேபொழுதில் நேர்மின்வாயருகில் துளைகளில் நிரம்பியிருக்கும் எலெக்ட்ரான்களை நேர்மின்வாயானது ஈர்த்துத் தன்வசமாக்கிக் கொள்கிறது. இதனுல் தோன்றிய புதிய மின்துளைகள் எதிர்மின் வாயால் ஈர்க்கப்பட்டு அதனை நோக்கி நகர்கின்றன, மின்னோட்டமானது படிகத்தினுள் துளைகளின் துணையாலும், புறச்சுற்றில் எலெக்ட்ரான்களின் துணையாலும் நிகழ்வதாகக் கருதலாம்.

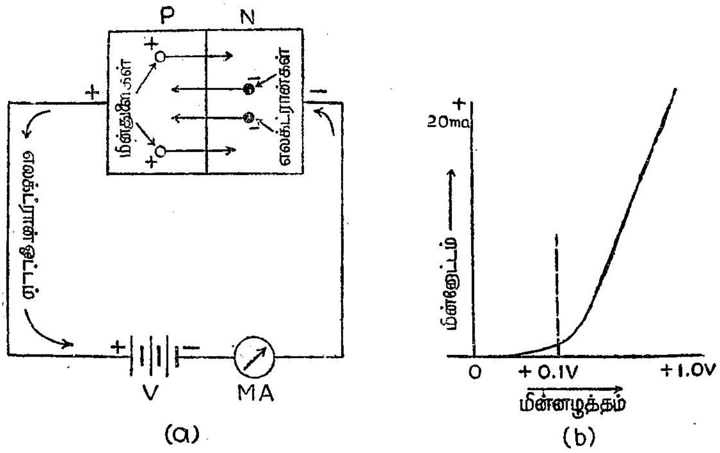
கூடுகை எலெக்ட்ரான்கள் மூன்றினை உடைய மாசு (Impurity) ஏற்பி அணு(Acceptor) எனப்படும். ஏனெனில், அது ஜெர்மானியம் அணுக்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை ஏற்றுக் கொள்கிறது. இவ்வாறு கூடுகை எண் மூன்று உடைய அணுக்களால் மாசுற்ற ஜெர்மானியம் *P*-வகை ஜெர்மானியம் எனப்படும்; ஏனெனில் அதனில் நேர்மின்னூட்டத்துகள்கள் போல் செயல்படும் மின்துளைகளால் மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது.

19.3 P-N ஜங்ஷன் டயோடுகள் (P-N Junction diodes)

P-வகை அல்லது *N*-வகை ஜெர்மானியம் வழியே மின்னோட்டமானது எதிரெதிர் திசையில் சமஅளவுக்கு நிகழும்; படங்கள் (19.2) மற்றும் (19.3)-ல் பேட்டரியின் மின்வாய்களை மாற்றி இணைத்தாலும் மின்னோட்டத்தின் திசைமாறுமேயன்றி அதன் அளவு மாருது.

படம் (19.4)–ல் காண்பது போல் ஒரு *P*-வகை ஜெர்மானியம் மற்றொரு *N*-வகை ஜெர்மானியத்துடன் சேர்க்கப்பட்டு அவற்றின் முனைகளிடையே-*P–N* சந்திப்பின் இருபக்கங்களிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு செலுத்தப்பட்டால் என்ன நிகழும் என்று கவனிப்போம். நடைமுறையில் இவ்வித சந்திப்பை இருவேறு முறைகளில் பெறலாம்; வளர்ந்த சந்தி (Grown Junction), மற்றும் உருகிய சந்தி (Fused Junction) என்ற இருவகை சந்திகள் பெறப்படுகின்றன. வளர்ந்த சந்தியில் *N* அல்லது *P*-வகை ஜெர்மானியம் முதலில் உருக்கி வளர்க்கப்படுகிறது. அது வளரும்பொழுதில் இடையே மாருன மாசு அத்துடன் சேர்க்கப்படுகிறது. இதனுல் படிகத்தின் பிற்பகுதி மாருனவகை ஜெர்மானியமாக வளர்கிறது. உருகிய சந்தியைப்பெற, *N*-வகை ஜெர்மானியப் படிகத்தின் மீது சிறிதளவு *P*-வகை மாசு (இண்டியம்) பொட்டாக வைக்கபட்டு சிறிது சூடேற்றபடுகிறது. இண்டியம் உருகி ஜெர்மானியத்தினுள் ஊடுருவி *P*-வகை ஜெர்மானிய ஏடு ஒன்றை உருவாக்குகிறது.

இந்த *P*-வகைக்கும் முதலில் எடுத்துக் கொண்ட *N*-வகை ஜெர்மா யத்திற்கும் இடையே *P-N* சந்திப் பெறப்படுகிறது. இவ்விரு முறை கள் தவிர வேறுபல முறைகளிலும் சந்திகள் ஏற்படுகின்றன. சந்தி டயோடுகளிலும், டிரான்சிஸ்டர்களிலும் வளர்ந்த சந்தி அல்லது உருகிய சந்திகள் பயன்படுத்தபடுகின்றன.



படம் 19.4

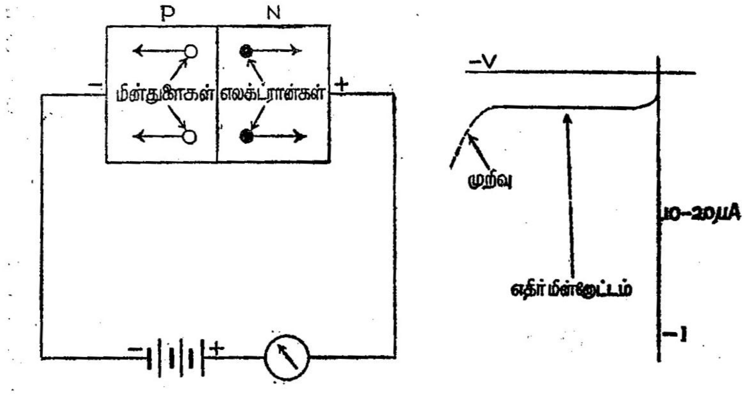
முன்னேக்கு பயசு உடைய *P-N* சந்தி வழியே மின்னேட்டம்

பேட்டரியின் நேர்மின்வாய் *P*-வகையுடனும், அதன் எதிர்மின் வாய் *N*-வகையுடனும் இணைவதை முன்னேக்கு பயசு (Forward bias) அளித்தல் எனப்படும். படம் (19.4)-ல் *P*-வகை ஜெர்மா னியத்திற்கு நேர்பயசு கொடுக்க, மின்துளைகள் எதிர்த்துத் தள்ளப் பட்டு *P-N* சந்தி நோக்கி நகர்கின்றன. அதே பொழுதில், *N*வகை ஜெர்மானியத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் எதிர் மின்னழுத்தத்தால் எதிர்க்கப்பட்டு சந்தியை நோக்கி நகர்கின்றன. சந்தியில் ஒரு மின்னழுத்த அரண் (Potential barrier) உள்ளது. இது மின்துளை களையும், எலெக்ட்ரான்களையும் அவை சந்தித்துப் பிணையவிடாமல் தடுத்தாலும், பேட்டரி மின்னழுத்தத்தினுல் துளைகள் வலம் நோக் கியும், எலெக்ட்ரான்கள் இடம் நோக்கியும் நகர்கின்றன. சந்தியி னுள் இவை பிணைந்து, மினூட்டம் இழக்கின்றன. இவ்வாறு நிக ழும் ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரான்-துளை பிணைப்புக்கும் சரியாக பேட்டரி யின் நேர்மின்வாயருகே ஒரு கூடுகை பிணைப்பு அறுந்து அதனுல் விடுவிக்கப்படும் எலெக்ட்ரான் நேர்மின்வாயுள் நுழைகிறது. இவ் வினை ஒரு புதிய துளையைத் தோற்றுவிக்க, அது வலத்திலுள்ள *P-N* சந்தியை நோக்கி நகர்கிறது.

பேட்டரியின் எதிர்மின்வாயிலிருந்து ஓடிவரும் எலெக்ட்ரான்கள் அவ்வாயருகே உள்ள N-பிரதேசத்தில் நுழைகின்றன; இவை P-N சந்தியில் துளைகளுடன் பிணைந்துவிட்ட எலெக்ட்ரான்களுக்குப் பதிலீடாகின்றன. இவை P-N சந்தி நோக்கி நகர்ந்து, அங்கு வந்து சேரும் துளைகளுடன் கலக்கின்றன. இதன் விளைவாக, அதிகமான மின்னோட்டம் சந்தி வழியே பாய்கிறது. புறச்சுற்றில் எலெக்ட்ரான்களால் ஏற்படும் மின்னோட்டம் படம் [19.4 (a)]-ல் காட்டிய திசையில் பாயும்.

P-N சந்தி வழியே மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சும் பேட்டரி இணைப்பு முன்னோக்கு பயசு எனப்படும். சந்தியிலுள்ள மின்னழுத்த அரணை மீறி மின்னோட்டம் பாய்வதற்குத் தேவையான சிறும மின்னழுத்தம் 0.1 வோல்ட் ஆகும். படம் [19.4 (b)] பார்க்க. அதற்கும் மேல் பேட்டரி மின்னழுத்தம் உயர மின்னோட்டமானது வேகமாக அதிகரிக்கிறது; ஒன்று அல்லது இரண்டு வோல்ட்களே 20 முதல் 100 மில்லிஆம்பியர் வரையான மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்த வல்லவை.

பேட்டரி மின்னழுத்தத்தின் முனைவு மாற்றி இணைக்கப் பட்டால் (படம் 19.5) இதுவரை சொன்ன வற்றிற்கு முற்றிலும் வேறான நிகழ்ச்சிகள் ஏற்படுகின்றன. பேட்டரியின் எதிர்மின்வாய் P வகையுடனும், அதன் நேர்மின்வாய் N வகையுடனும் இணைவதைப்



(a) (b)

படம். 19.5

பின்னோக்கு பயசுடன் P-N சந்தி

பின்னோக்கு பயசு (Reverse bias) அளித்தல் எனப்படும். மின்துளைகள் பேட்டரியின் எதிர் மின்வாயால் ஈர்க்கப்பட்டு P-N சந்தியிலி

ருந்து விலகுகின்றன; இது போலவே எலக்ட்ரான்களும் நேர்மின் வாயால் ஈர்க்கப்பட்டு *P-N* சந்தியிலிருந்து விலகுகின்றன. சந்தியின் அருகில் மின்துளைகளோ எலக்ட்ரான்களோ இல்லாமையால் மின்னோட்டமானது ஏறத்தாழ முற்றிலும் நின்று விடுகிறது. ஆனாலும் மிகமெலிந்த எதிர் மின்னோட்டம் (Reverse current) சில மைக்ரோ ஆம்பியர்கள் ஏற்படுகிறது. படம் [19.5 (*b*)]-ல் காணப்படும் *V-I* பண்பியல் கோடு இதனை விளக்கும். இந்த எதிர்மின்னோட்டமானது வெப்ப நிலை உயர்வு காரணமாக *P*-மற்றும் *N*-வகை ஜெர்மானியத்தில் தோற்றுவிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள்-துளைகளால் ஏற்படுகிறது. முன்பே சொன்னதுபோல், சில கூடுகைப் பிணைப்புகள் படிகங்களின் வெப்ப ஆற்றலால் அறுந்து விடுகின்றன. இதனால் *P*-படிகத்தில் விடுவிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் வலமாக சந்தி வழியே பாய்கின்றன; *N* படிகத்தில் தோன்றிய மின்துளைகள் இடமாக நகர்ந்து *P*-பிரதேசத்தை அடைகின்றன. இப்படியாகச் சிறுபான்மையான சுமப்பான்களால் (Minoriy carriers) சில எலக்ட்ரான்-மின்துளை கலப்பு ஏற்படுகிறது. பின்னோக்கு பயசு (Reverse bias) மிகவும் அதிகரிக்கப்பட்டால், சந்தியின் அருகிலுள்ள கூடுகை பிணைப்புகள் முறிந்து மிக அதிகமான எண்ணிக்கையில் எலெக்ட்ரான் மின்துளை இரட்டைகள் விடுவிக்கப்படுகின்றன. இதனால் எதிர் மின்னோட்டம் திடீரென்று மிக அதிகமாக உயர்கிறது.

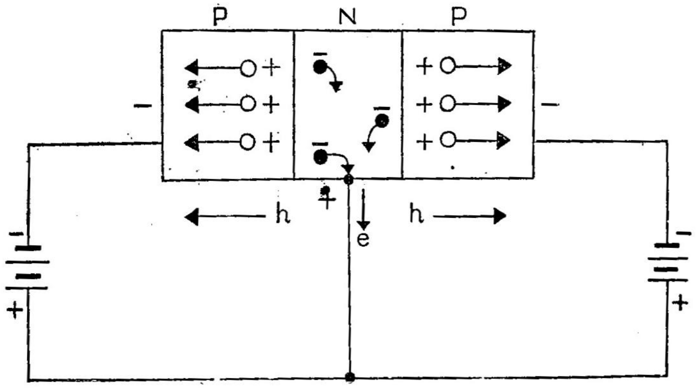
P-N சந்திவழியே பாயும் மின்னோட்டத்திற்கான பண்பியல் கோடு ஒரு வெற்றிட டயோடின் பண்பியல் கோடு போலவே காணப்படுகிறது. இப்பண்பினால் மாறுதிசை மின்னோட்டத்தைத் திருத்தி ஒரு திசையான நேர்மின்னோட்டமாக்க (வெற்றிட டயோ போலவே) *P-N* சந்தி டயோடுகள் திருத்திகளாகவும், பண்பிறக்கிகளாகவும் பயன்படுகின்றன.

19.4 சந்தி டிரான்சிஸ்டர்கள் (Junction Transistors)

வெற்றிட டயோடைப் போல சந்தி டயோடுகள் பயன்படுமெனில் வெற்றிட டிரயோடைப் போல சந்தி டிரயோடு தயாரிக்க இயலுமா என்பது இயல்பான கேள்வியாம். உண்மையில் ஜங்ஷன் டிரயோடு டிரான்சிஸ்டர்கள் ஒருவெற்றிட டிரயோடு செய்யும் எல்லா அலுவல்களையும் செய்யவல்லவை. இவற்றில் *P-N-P* மற்றும் *N-P-N* என்ற இருவகை ஜங்ஷன் டிரான்சிஸ்டர்கள் உண்டு.

படம் (19.6)-ல் ஒரு *P-N-P* ஜங்ஷன் டிரான்சிஸ்டர் காணப்படுகிறது. இரண்டு *P*-வகை ஜெர்மானியப் பாளங்களுக்கிடையே ஒரு *N*-வகை ஜெர்மானியப்பாளம் உள்ளது. இப்பாளங்கள் மிக மெல்லியன. படத்தில் இவை பெருக்கப்பட்டு காண்கின்றன. மற்றும் *P*-வகை பாளத்தைவிட *N*-வகை பாளம் மிக மெல்லியது. படத்

தில் காணப்படும் இரண்டு சந்திகளும் வளர் சந்திகளாகவோ, உருகிய சந்திகளாகவோ இருக்கலாம். ஜங்ஷன் டயோடுகள் அமைக்



படம் 19.6

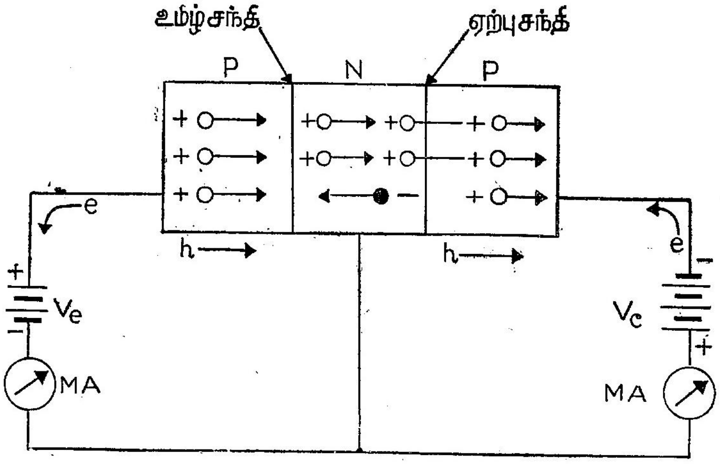
மின்கடத்தாத *P-N-P* ஜங்ஷன்

கப்படும் செய் முறையிலேயே டிரான்சிஸ்டர் சந்திகளும் அமைக்கப்படுகின்றன.

படம் (19.6)-ல் காண்பது போல் பேட்டரிகள் இணைக்கப்பட, *N* பகுதியைப் பொறுத்து *P* பகுதி எதிர்முனைவு உடையனவாகின்றன. படத்தில் காணும் *N* பகுதி அடிவாய் (Base) என்று வழங்குவர். *N*-பகுதியிலுள்ள சுதந்திரமான எலெக்ட்ரான்கள் இரண்டு சந்திப்புகளிலிருந்து விலகி நேர்மின்வாய் நோக்கி நகர்கின்றன. மேலும், *P*-பகுதி உள்ள மின்துளைகள் சந்திப்புகளிலிருந்து விலகி பேட்டரியின் எதிர்மின் வாய்க்குச் செல்கின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் மற்றும் துளைகளின் இந்த ஆரம்ப இடப்பெயர்ச்சிக் குப்பின் மின்னோட்டம் நின்று விடுகிறது.

அதே *P-N* ஜங்ஷனுக்குப் படம் (19,7)-ல் காண்பதுபோல் பேட்டரிகள் இணைக்கப்படுவதைக் கவனிக்க. படத்தின் இடப்பகுதியில் உள்ள *P*-பிரதேசம் பின்னோக்கு பயசு உடையதாகிறது. (படம் 19.4-லில் பார்க்க). அதே பொழுதில் வலப்பகுதியில் உள்ள *P*-பிரதேசம் பின்னோக்கு பயசு உடையதாகிறது. (படம் 19.5-ல் பார்க்க). இந்த இணைப்பு *P-N-P* டிரான்சிஸ்டரை இயக்கும் அடிப்படை இணைப்பு ஆகும். இடப்பகுதியான *P*-பிரதேசத்தை உமிழ்ப்பான் (Emitter) என்பர்; இடது சந்தியை உமிழ்சந்தி (Emitter junction) என்பர். இப் பிரதேசத்திலுள்ள மின்துளைகளைப் பேட்டரியின் நேர்மின்வாய் எதிர்த்து உமிழ்சந்தியை நோக்கித் தள்ளு

கிறது. (டிரான்சிஸ்டரில் முன்னேக்கு பயசு உடைய சந்தியை உமிழ்சந்தி என்று வழங்குவது மரபு). மின்புலத்தின் ஆட்சியால்,



படம் 19.7

மின்கடத்தும் P-N–P ஜங்ஷன் டிரான்சிஸ்டர்.

சந்தியிலுள்ள மின்னழுத்த அரணையும் மீறி மின்துளைகள் அடிவாயான N-பிரதேசத்தை அடைகின்றன. இப் பிரதேசம் மிகமெல்லியது; அத்துடன் அங்கு மாசுஅணுக்களின் கலப்படம் குறைவு. எனவே பெரும்பான்மையான மின் துளைகள், கலப்பதற்குத் தேவையான எலெக்ட்ரான்கள் இல்லாமையால், அடிவாயைக் கடக்கின்றன. எனினும் ஒரு சிறிய எண்ணிக்கை-ஏறத்தாழ 5 சதவிகிதம்-கிடைக்கும் சில எலெக்ட்ரான்களுடன் கலந்து விடும். மீதி மின்துளைகள் அடிவாயைக்கடந்து வலது சந்தியினுள் நுழைந்து வலப்பக்கத்தில் உள்ள P-பிரதேசத்தை அடைகின்றன. இப் பிரதேசத்தை ஏற்பான் (Collector) என்று வழங்குவர். (டிரான்சிஸ்டரில் பின்னேக்கு பயசு உடைய சந்தியை ஏற்புசந்தி-Collector junction-என்பர்). ஏற்பானின் எதிர் மின்னழுத்தம் V_c-யானது அதனுள் வரும் மின்துளைகளை வேகமாக ஈர்க்கிறது.

ஏற்பானை அடையும் ஒவ்வொரு மின்துளைக்கும் சரியாக ஓர் எலெக்ட்ரானை பேட்டரி (V_c)-ன் எதிர்மின் வாய் வெளிவிடுகிறது; அவை ஒன்றுடன் ஒன்று கலக்கின்றன. எலெக்ட்ரான்-மின்துளைக் கலப்பினுல் இழக்கப்படும் ஒவ்வொரு மின்துளைக்குப் பதிலாக,

உமிழ்ப்பானில் ஒரு கூடுகை பிணைப்பு அறுகிறது;இதனல் விடுவிக்கப் பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் பேட்டரி (V_e)-யின் நேர் மின்வாயை அடைகின்றன; மற்றும் அதேபொழுதில் புதியதாகத் தோன்றிய மின்துளை உமிழ்சந்தியை நோக்கி நகர்கிறது. முன் சொன்ன நிகழ்ச்சிகள் மீண்டும் அதே வரிசையில் நிகழ்கின்றன. எனவே, மின்துளைகள் தொடர்ச்சியாக உமிழ் சந்தியில் நுழைக்கப் படுகின்றன; இவை அடிவாய், ஏற்புசக்தி வழியாகப் பாய்கின்றன. ஏற்புப் பிரதேசத்தில் எதிர் மின்வாயால் சேகரிக்கப்படுகின்றன *P-N-P* டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளே மின் கடத்தலானது உமிழ்ப்பானிலிருந்து ஏற்பான் வரை மின்துளைகளால் நிகழ்கிறது; டிரான்சிஸ்டரின் புறச்சுற்றில் மின்னோட்டம் எலெக்ட்ரான்களால் நிகழ்கிறது. மேலும், அடிவாயினுள் ஏற்படும் மின்துளை-எலெக்ட்ரான் கலப்பின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து, உமிழ்ப்பானில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கும், ஏற்பானில் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கும் அளவில் வேறுபாடு உள்ளது.

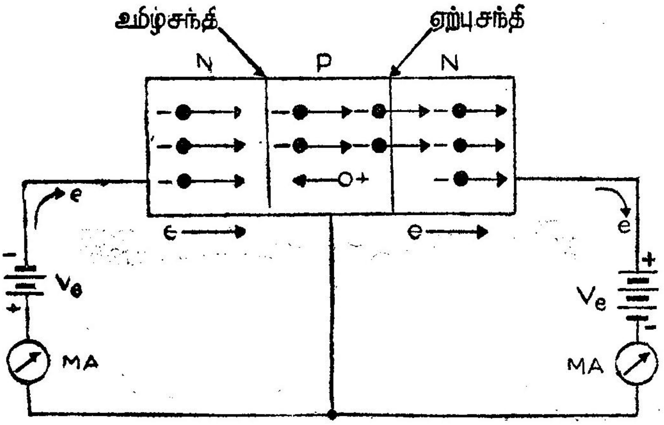
ஏற்பான் மின்னோட்டத்திற்கும் (Collector current) உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்திற்கும் (Emitter current) உள்ள விகிதம் α (ஆல்ஃபா) என்றெழுதப்படும். டிரான்சிஸ்டரில் ஏற்படக்கூடிய மின்னோட்டப்பெருக்கத்தை அளப்பது α ஆகும். α ஆனது ஒன்றைவிட அதிகமாக இருத்தல் இயலாது என்பது வெளிப்படை. நடைமுறையில் α-ன் மதிப்பு 0.95 முதல் 0.99 வரை இருக்கும்.

ஏற்பானுக்குப் பின்னோக்கு பயசு உள்ளது; எனவே, உமிழ்ப்பானில் மின்னோட்டம் பாய்ச்சப்பட்டால்தான் ஏற்பான் சுற்றில் (Collector circuit) மின்னோட்டம் தோன்றும். உமிழ்ப்பானின் மின்னழுத்தம் 0.1 முதல் 0.5 வோல்ட் வரை மிகக் குறைவாக இருந்தாலும், கணிசமான உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது; ஆகையால், உமிழ்ப்பான் சுற்றில் (Emitter circuit) உள்ளீடுதிறன் குறைவாகும். ஏற்பான் மின்னோட்டம் ஏறத்தாழ உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டதிற்குச் சமம். மேலும், ஏற்பானின் மின்னமுத்தம் (V_c) 45 வோல்ட் போல் அதிகமாக இருக்கலாம்; எனவே வெளியீடு திறன் அதிகமாக உள்ளது. ஏற்பான் சுற்றில் அதிகமான திறனை, உமிழ்ப்பான் சுற்றிலுள்ள குறைவான திறனுல் உண்டாக்கிக் கட்டுப்படுத்தலாம். திறன் பெருக்கும் டிரான்சிஸ்டரில் திறன் பெருக்க எண் (Power gain) மிக அதிகமாகும்; சில பொழுதில் ஆயிரத்தைக் கூட எட்டும்.

19.5 N-P-N ஜங்ஷன் டிரான்சிஸ்டர்

படம் (19.8)-ல் *N-P-N* ஜங்ஷன் டிரான்சிஸ்டர் காணப்படுகிறது. இதற்கும் *P-N P* ஜங்ஷன் டிரான்சிஸ்டருக்கும் பின்கண்ட

வேறுபாடுகளைக் கவனிக்க N மற்றும் P வகை ஜெர்மானியத் துண்டுகளின் இடங்கள் மாறியுள்ளன; மற்றும் பேட்டரியின் முனைகள் இணைக்கப்படுவதும் மாறியுள்ளது. இடப்பக்கமுள்ள உமிழ் சந்தி தற்பொழுதும் முன்னோக்கு பயசு உடையது; ஏனெனில், உமிழ்ப்பானுடன் இணைந்த (பேட்டரியின் V_e) எதிர் மின்வாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்த்துத் தள்ளப்பட்டு, உமிழ்சந்திக்குச் செல்கின்றன. இது போன்றே, ஏற்புச் சந்தியும் பின்னோக்கு பயசு உடையதே; ஏனெனில் ஏற்பு சந்தியிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள், ஏற்பான் வழியாக, பேட்டரி V_c-ன் நேர்மின்வாய்க்குச் செல்கின்றன. *P-N-P* மற்றும் *N-P-N* டிரான்சிஸ்டர்களிடையே முக்கிய வேறுபாடு முந்தையதில் மின்னோட்டம் மின் துளைகளாலும், பிந்தையதில் எலெக்ட்ரான்களாலும் ஏற்படுவது ஆகும்.



படம் (19.8)

NPN ஜங்ஷன் டிரான்சிஸ்டரில் அடிப்படை இணைப்புகள்.

படத்தில் காண்பது போல் உமிழ்ப்பானுக்கு மின்னழுத்தம் செலுத்தப்பட்டால், எலக்ட்ரான்கள் எதிர்த்துத்தள்ளப் பட்டு, உமிழ்சந்திக்குச் செல்கின்றன; அங்கு மின்னழுத்த அரணைமீறி அடிவாயினுள் நுழைகின்றன. *P*-பிரதேசம் மெல்லியதாகவும் குறைந்த அளவில் கலப்படமும் செய்யப் பட்டுள்ளதால், பெரும் பான்மையான எலக்ட்ரான்கள், அடிவாயை ஊடுருவி, ஏற்பு சந்தியை அடைகின்றன. ஏறத்தாழ 5 சதவீதம் எலக்ட்ரான்கள் *P*-பிரதேசத்தில் துளைகளுடன் பிணைந்துவிடலாம். மீதமுள்ளவை ஏற்பான் பிரதேசத்தை அடைந்து அங்குள்ள நேர்மின்னழுத்தத் தால் சீக்கிரமாக ஈர்க்கப் பட்டு விடுகின்றன.

ஏற்பானிலிருந்து பேட்டரிக்குச் செல்லும் ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரானுக்கும் பதிலாக ஒவ்வோர் எலக்ட்ரான் (உமிழ்ப்பானுடன் இணைந்த) பேட்டரியின் எதிர் மின்வாயிலிருந்து உமிழ்ப்பானை அடைகிறது. படத்தில் காண்பதுபோல் எலக்ட்ரான் கடத்தல் தொடர்ந்து நிகழ்கிறது.

இதுவரை சொன்னவற்றிலிருந்து பின்கண்ட முடிவுகளைப் பெறலாம்.

(1) *PNP* ஜங்ஷன் டிரான்சிஸ்டரில் மின்னூட்டம் பெரும்பாலும் துளைகளால் சுமக்கப்படுகிறது.

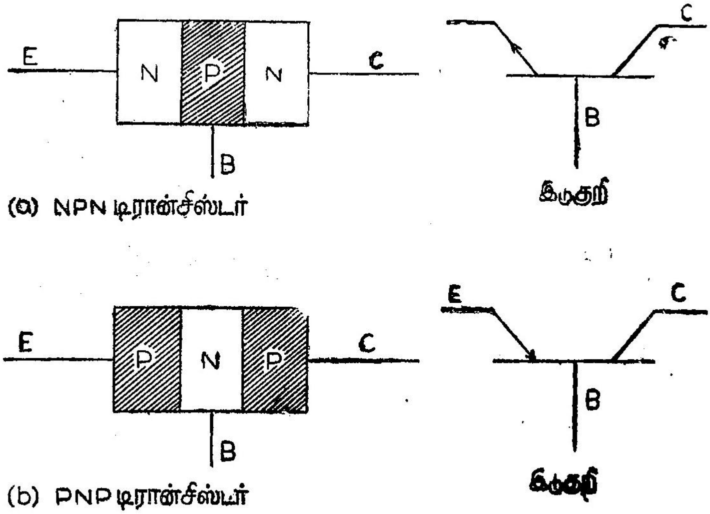
(2) *NPN* ஜங்ஷன் டிரான்ஸ்டரில் மின்னூட்டம் எலெக்ட்ரான்களால் சுமக்கப்படுகிறது.

(3) எவ்வகை ஜங்ஷன் டிரான்சிஸ்டரிலும் ஏற்பான் மின்னேட்டம் உமிழ்ப்பான் மின்னேட்டத்தை விடக் குறைவு.

4) உமிழ்ப்பானுக்கு முன்னேக்கு பயசும், ஏற்பானுக்குப் பின்னேக்கு பயசும் அளிக்கவேண்டும்.

19.6 டிரான்சிஸ்டர் இடுகுறிகளும் இணைப்புகளும்.

படம் [19.9(*a*)]-ல் *NPN* டிரான்சிஸ்டருக்கும் (*b*) *NPN* டிரான்சிடருக்குமான இடுகுறிகள் காணப்படுகின்றன. ஒவ்

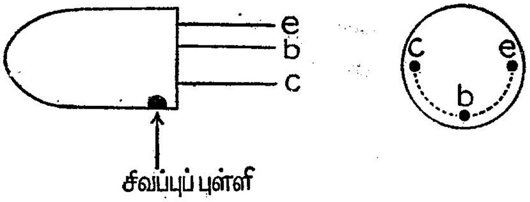


படம் 19.9

டிரான்சிஸ்டர் இடுகுறிகள்

வொன்றிலும் ஏற்பானிலிருந்து உமிழ்ப்பானை வேறுபடுத்திக்காட்ட உமிழ்ப்பானுக்கு அம்புக்குறி இடப்பட்டுள்ளன. இந்த அம்புக்குறி காட்டும் திசை 'மரபு' (Conventional) மின்னேட்டம் பாயும் திசையாகும். *PNP* டிரான்சிஸ்டரில் மின்துளைகளே (நேர்மின்னூட்டம் உடையன) உமிழ்ப்பானிலிருந்து அடிவாய்க்குச் செல்கின்றன. இதுவே மரபுப்படி மின்னேட்டம் பாயும் திசையாகும். அதனுல் *PNP* டிரான்சிஸ்டரில் உமிழ்ப்பானின் அம்புக்குறி அடிவாய் நோக்கி உள்ளது. *NPN* டிரான்சிஸ்டரில் எலக்ட்ரான்களே உமிழ்ப்பானிலிருந்து அடிவாய்க்குச் செல்கின்றன; அதாவது மரபுப்படி மின்னேட்டம் அடிவாயிலிருந்து உமிழ்ப்பானுக்குச் செல்வதாகும். இதனுல் *NPN* டிரான்சிஸ்டரில் உமிழ்ப்பானின் அம்புக்குறி அடிவாயிலிருந்து வெளிவருகிறது.

செய்முறைகளில், டிரான்சிஸ்டர்களில் உள்ள மின்வாய்களையும் பிரித்தறிய படம் (19.10) உதவும். சில டிரான்சிஸ்டர்களில் மூன்று மின்வாய்களும் வரிசையாக நேர்கோட்டில் இருக்கும். இவற்றில் மையத்திலுள்ளது அடிவாய் (Base). ஏற்புவாய்க் (Collector terminal) கருகே ஒரு சிவப்புப்புள்ளி இருக்கும்; மற்றது உமிழ்வாய் (Emitter terminal) ஆகும். படம்[19.10(*a*)] காண்க. வேறு சில தயாரிப்புகளில் மூன்று மின்வாய்களும் ஓர் அரைவட்டப்பரிதியில் அமையும். படம்[19.10(*b*)] காண்க. அரை வட்டப்பரிதியின் குழிவு



(*a*) (*b*)

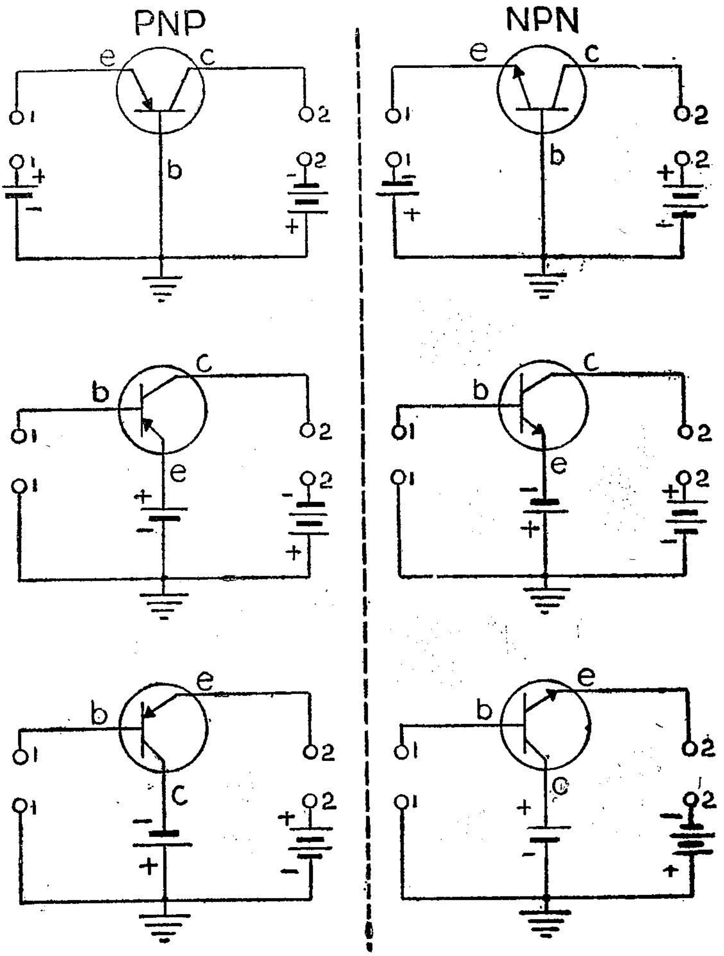
படம் 19.10

டிரான்சிஸ்டர் மின்வாய்களை இனம்காணல்.

(Concavity) மேல்நோக்க வைத்தால் படத்தில் காண்பது போல் *b*,*c*,*e* என்ற மூன்று மின்வாய்களைக் குறிக்கும், எழுத்துகள் அகர வரிசையில் அமையும். இவற்றில் கீழாக உள்ளது அடிவாய் (*b*) ஆகும்.

டிரான்சிஸ்டரில் மூன்று மின்வாய்கள் உமிழ்ப்பான், அடிவாய், ஏற்பான் ஆகியவற்றை முறையே ஒரு வெற்றிட டிரயோடின் கேத்தோடு, கிரிடு, ஆனேடுடன் ஒப்பிடலாம். படத்தில் காணப்படும் சுற்றுகளில் எதிலும் உமிழ்ப்பானுக்கு எப்பொழுதும் முன்னேக்கு பயசும், ஏற்பானுக்குப் பின்னேக்கு பயசும் உள்ளதைக் கவனிக்க. *P-N-P* டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியில் உமிழ்ப்பானுக்கு நேர்மின்னழுத்தமும், ஏற்பானுக்கு எதிர்மின்னழுத்தமும் தரப்படுகின்றன.

N-P-N டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியில் உமிழ்ப்பானுக்கு எதிர்மின்னழுத்தமும், ஏற்பானுக்கு நேர்மின்னழுத்தமும் தரப்படுகின்றன.



(*a*) (*b*)

படம் 19.11

டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிகள் - அடிப்படை இணைப்புகள்

பொது அடிவாய் இணைப்பு

இந்த இணைப்பு முறைப்படம் [19.11 (*a*)]-ல் காணப்படுகிறது. இது வெற்றிட டிரயோடின் புவியிணைப்புடைய கிரிடு பெருக்கி (Ground grid amplifier)-க்கு ஒற்றுமை காட்டுவதாகும். இச்சுற்

றில், உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பு (Input impedance) குறைவு; வெளியீடு மின்எதிர்ப்பு (Output impedance) அதிகம்; மின்னோட்டப் பெருக்கம் (Current gain) ஒன்றைவிடக் குறைவு (அதாவது தகுபின்னமாகும்.) மின்னோட்டமானது குறைந்த பெருக்கம் பெற்றாலும், வோல்டேஜ் மற்றும் திறன் பெருக்கங்கள் கணிசமானவையாகும்.

பொது உமிழ்ப்பான் இணைப்பு

வெற்றிட டிரயோடின் புவியிணைப்புடைய கேத்தோடு பெருக்கி (Ground Cathode amplifier) யுடன் ஒற்றுமைக்காட்டும் இச் சுற்று படம் [19.11(*b*)] பலவகையிலும் திறமையாகச் செயல் பட வல்லது. பொது அடிவாய் இணைப்பு முறையைவிடச் சற்றே அதிமமான உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பு உடையது; அதனைவிடச் சற்றே குறைவான வெளியீடு மின்எதிர்ப்பு உடையது. மூன்று வகை இணைப்புகளில் மிக அதிகமான வோல்டேஜ் மற்றும் திறன் பெருக்கங்களைத் தர வல்லது இச்சுற்று. இதன் உள்ளீடு, வெளியீடு மின்னழுத்தங்களிடையே 180° பிறை வேறுபாடு உண்டு. மற்ற இரு இணைப்பு முறைகளில் இப்பிறை மாற்றம் கிடையாது.

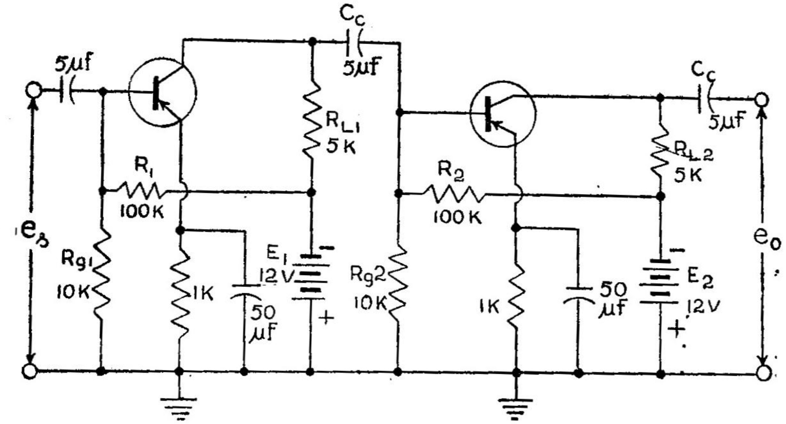
பொது ஏற்பான் இணைப்பு

ஒரு டிரயோடு குழாயின் கேத்தோடு பின்பற்றும் பெருக்கி (Cathode follower amplifier) க்கு ஒற்றுமை காட்டுவது இச் சுற்று. மற்ற சுற்றுகளுடன் ஒப்பிடுகையில் உயர்வான உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பும், குறைவான வெளியீடு மின்எதிர்ப்பும் கொண்டது இச்சுற்று. பொது உமிழ்ப்பான் சுற்றிணைப் போன்றே மின்னோட்டப் பெருக்கம் உடையது; எனினும் இதன் வோல்டேஜ் பெருக்கம் தகுபின்னமாகும்-அதாவது ஒன்றைவிடக் குறைவு. இச் சுற்று பெரும்பாலும் வேறு இரண்டு சுற்றுகளிடையே மின் எதிர்ப்பு பொருத்தம் செய்யப் பயன்படுகிறது.

19.8 டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிச் சுற்றுகள் (Transistor Amplifier Circuit)

டிரான்சிஸ்டர்கள் பெருக்கிகளாகச் செயல்படும் ஒரு சுற்று படம் (19.12) - ல் காணப்படுகிறது. டிரயோடு பெருக்கியில் இருப்பதால் இச் சுற்றில் கேத்தோடை அல்லது அதன் இழையைச் சூடேற்றத் தனியாக மின்னோட்டம் தேவையில்லை; மற்றும் 6 முதல் 12 வோல்ட்களே டிரான்சிஸ்டரை இயக்கப் போதுமானது. இவ்விரண்டு ஆதாயங்கள் முன்னரே சொன்னது போல் டிரான்சிஸ்டரால் ஏற்படுகின்றன. படம் (19.12)-ல் காணப்படும் சுற்றில் இரண்டு *P-N-P* டிரான்சிஸ்டர்களும் பொது உமிழ்ப்பான் இணைப்பில் உள்ளன. *P-N-P* டிரான்சிஸ்டரில் உமிழ்ப்பானுக்கு முன்

னுக்கு பயசும்-அதாவது நேர்மின்னழுத்தமும்-மற்றும் ஏற்பானு க்குப் பின்னுக்கு அதாவது எதிர்மின்னழுத்தமும்-தேவை. ஒரே



படம் 19.12

டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி - இரண்டு அடுக்கு R-C பிணைப்பு

பேட்டரியிலிருந்து இவை பெறப்படும் முறை கவனத்திற்குரியது. முதல் அடுக்கில் R_1 மற்றும் R_{g1} என்ற மின்தடைகள் மின்னழுத்த பகுப்பான்களாகச் செயல்படுகின்றன. R_1 மற்றும் R_{g1} இரண்டும் பேட்டரியுடன் தொடராக இணைகின்றன. இந்த மின்தடைகள் சந்தி டிரான்சிஸ்டரின் அடிவாயுடன் இணைகிறது. இந்த மின்தடைகள் 1:10 என்ற விகிதத்தில் உள்ளதால் புவியிணைப்புடைய உமிழ்ப் பாணைப்பொறுத்து அடிவாயானது 1.1 வோல்ட் எதிர் மின்னழுத்தம் உடையது; மறுதலையாக, அடிவாயைப் பொறுத்து உமிழ்ப்பான் 1.1 வோல்ட் நேர் மின்னழுத்தம் உடையது. உமிழ்ப்பான் சுற்றில் $1.1/_{1000} = 1.1$ மில்லி ஆம்பியர் மின்னோட்டம் உள்ளது. AC சைகையானது எதிராக்கத்திற்கு (Degeneration) உட்படாமல் தடுக்கும் மாற்றுப் பாதையாக $50\mu F$ மின் தேக்கி உமிழ்ப்பான் மின்தடை(Emitter resistor) க்குப் பக்க இணைப்பில் உள்ளது.

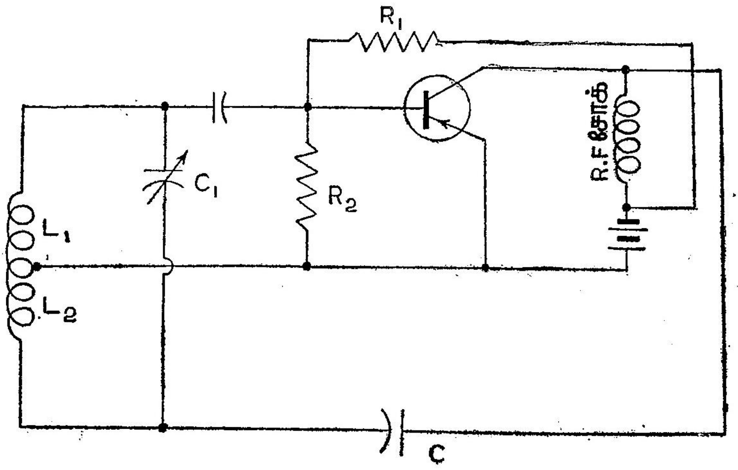
பளுமின் தடை R_{L1} வழியாக ஏற்பானுக்குத் தேவையான எதிர் மின்னழுத்தம் பெறப்படுகிறது. R_{L1}-னின் முனைகளிடையே தோன்றும் வெளியீடு மின்னழுத்தம் $5\mu F$ மின்தேக்கி (C_c) [இது பிணைப்பு மின்தேக்கி-Coupling Capacitor] வழியாக இரண்டாவது அடுக்கிலுள்ள அடிவாய்க்கு ஊட்டப்படுகிறது. இரண்டாவது அடுக்கின் உள்ளீடு மின்னழுத்தமானது மின்தடை R_{g2}-ன் முனைகளிடையே தோன்றுகிறது; மற்றும் R_{g2} இரண்டாவது அடுக்கில் தேவைப்படும் பயசு மின்னழுத்தத்தைப் பெறவும் உதவுகிறது. மற்றெல்லா வகை

களிலும் இரண்டு அடுக்குகளும் ஒரே மாதிரி அமைந்துள்ளன. கடைசியில் வெளியீடு மின்னழுத்தம் e_0-வானது R_{L_2}-டின் முனை களிடையே தோன்றுகிறது; இது பிணைப்பு மின்தேக்கி C_c வழியாக ஒலிப்பானுக்கு ஊட்டப்படும்.

டிரயோடு பெருக்கிகளில் பயன்படும் மாற்றுப்பாதை மின் தேக்கிகளின் (Bypass capacitors) மதிப்பை விட டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிகளில் பயன்படுவனவற்றின் மதிப்பு அதிகமாகும் இதன் காரணம் பின்வருமாறு: டிரான்சிஸ்டரின் மின்எதிர்ப்பு, மற்றும் அதன் சுற்றுகளில் உள்ள மின்தடையின் மதிப்பு குறைவாகும். இவற்றுடன் ஒப்பிட மாற்றுப் பாதை மின் தேக்கிகளின் மின்மறுப்பு செவியுணர் அதிர்வெண்களில் மிகக் குறைவாகவேண்டும். எனவே தான் டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிச் சுற்றுக்களில் மாற்றுப்பாதை மின் தேக்கிகள் அதிக மதிப்புடையன.

19.9 டிரான்சிஸ்டர் அலையியற்றி

ஒரு பெருக்கியின் வெளியீடு அதே பெருக்கியின் உள்ளீடாகத் தகுந்த பிறையிலும், வீச்சிலும் பின்னூட்டப் பட்டால் அப்பெருக்கி அலையியற்றும் என்று முன்னரே படித்தோம். டிரான்சிஸ்டர்கள் பயன்படும் அத்தகைய சுற்று ஒன்று படம் (19.13)-ல் காணப்



படம் 19.13

டிரான்சிஸ்டர் அலையியற்றி-ஹார்ட்லி வகை

படுகிறது. இது ஹார்ட்லி அலையியற்றியாகும். இது பொது உமிழ்ப் பான் இணைப்பு முறையில் உள்ளது; எனவே உள்ளீடு வெளியீடு

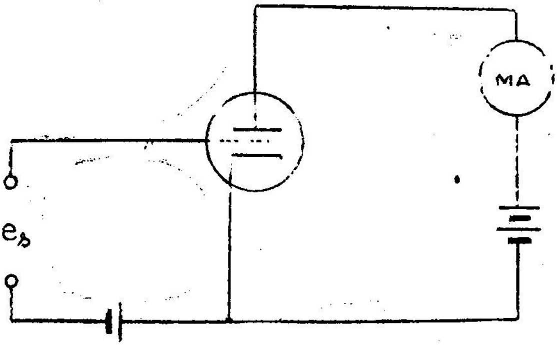
180° பிறைவேறுபாடு உண்டு. இதற்கு மேலும் தேவைப்படும் 180° பிறைவேறுபாடு நிலைமச்சுருள் $(L_1 + L_2)$-ல் ஏற்படுகின்றது. $(L + L_2)$ நிலைமச்சருளில் இடைப்புள்ளி இணைப்பைப் பொறுத்து பின்னூட்டத்தின் வீச்சு இருக்கும். பேட்டரியானது பக்க இணைப்பில் உள்ளது. தொட்டிச்சுற்றுக்கு நேர்மின்னேட்டம் பாயாமல் C-யும், பேட்டரியில் மாறுதிசை மின்னேட்டம் புகாமல் RF சோக்கும் தடுக்கின்றன. R_1, R_2 என்பன மின்னழுத்தப்பகுப்பு செய்து தேவையான மின்னழுத்தத்தை PEP டிரான்சிஸ்டரின் உமிழ்ப்பானுக்குத் தருகிறது; ஏற்பானுக்குத் தேவையான மின்னழுத்தம் சோக் வழியாக ஊட்டப்படுகிறது.

20. அளக்கும் கருவிகள்
(Measuring Instruments)

அம்மீட்டர் அல்லது வோல்ட்மீட்டராக மாற்றப்பட்ட இயங்கு சுருள் கால்வனுமீட்டர் மிகுந்த நுட்பம் உடையதாகும். ஆயினும், உயர் அதிர்வெண்களிலும் மற்றும் மெகோம்கள் அளவில் மின்தடை உள்ள சுற்றுகளிலும் இது தன்முறையில் செயல்படுவதில்லை. இப் பாடத்தில் மேற்சொன்ன சூழ்நிலைகளிலும் மிக நன்ருகச் செயல் படும் வெற்றிடக்குழாய் வோல்ட்மீட்டர்-அல்லது, எலெக்ட்ரானியல் வோல்ட்மீட்டர் (Vacuum Tube Voltmeter or Electronic Voltmeter) என்பதன் செயல் முறையைப் படிப்போம். இக் கருவியைச் சுருக்க மாக *VTVM* என்று வழங்குவர்.

20.1 நேர்மின்னேட்ட VTVM (Direct current VTVM)

இக் கருவிக்கான மிக எளிய சுற்று ஒன்று படம் (20.1)-ல் காணப்படுகிறது. இதனில் முக்கிய அங்கம் ஒரு வெற்றிட



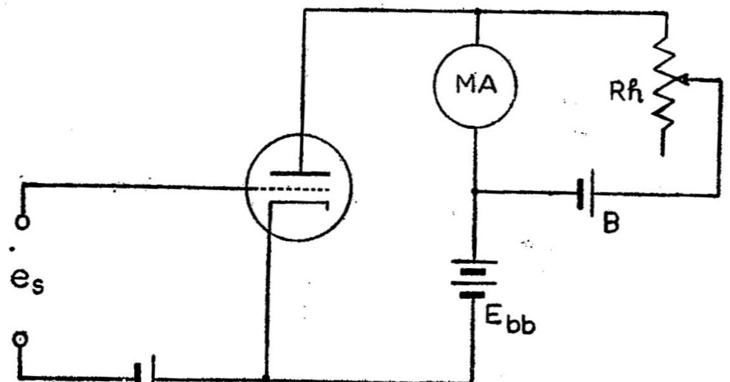
படம் 20.1
எளிமையான *VTVM*

டிரயோடு ஆகும். இக் குழாய் அதன் நிலைப்பண்பியல் கோட்டின் நேர்ப்போக்கான பகுதியில் செயல்படுகிறது. சைகை மின்ன

ழுத்தம் e_sஐப் பொறுத்து இக் குழாயின் ஆனோடு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. எனவே, படத்தில் காணப்படும் மில்லி அம்மீட்டரின் (*MA*) அளவுகோல் (Scale)-ல் ஆனோடு மின்னோட்டத்தைக் குறிப்பதற்கு பதிலாக e_s-ன் மதிப்புகளை வோல்ட்களில் குறிக்கலாம்.

கிரிடு எப்பொழுதும் எதிர் மின்னழுத்தம் உடையதாயின் இந்த வோல்ட்மீட்டருக்கு மிக அதிகமான உள்ளீடு மின்தடை (Input resistance) உண்டு. இதனால் அளக்கப்படும் மூலத்திலிருந்து மின்னோட்டம் வெளியேறுவது குறையும்; இதன் காரணமாக மூலத்தின் வோல்டேஜ் தாழ்வதும் நீங்கும். இதனில் சில குறைகளும் உண்டு. நிலைப்பண்பியல் கோடு நேர்கோடாக இருக்கும் வரையில்தான் இதன் அளவீடுகள் சரியாயிருக்கும். காலப் போக்கில் குழாயின் நிலைப்பண்பியல் கோட்டின் தன்மை மாறுவதால் வோல்ட் மீட்டரின் அளவீடுகளும் மாறும். மேலும் உள்ளீடு முனைகள் இரண்டும்-சைகை இல்லாத பொழுது—நேராக இணைக்கப் பட்டாலும், சிறிது அளவீடு காணப்படும். எனவே, அளவுகோலில் 'சுழி வோல்டேஜ்' குறிக்கும் புள்ளி 'சுழி மின்னோட்டம் காட்டும் புள்ளியல்ல. மேலும் சைகை மின்னழுத்தம் நீங்கிய பிறகு, 'மிதக்கும்' கிரிடு (Floating grid) தோன்றும் அதாவது கிரிடு சுற்று மூடப்பெறுது.

இக் குறைகளில் சிலவற்றைப் படம் (20.2)-ல் காணும் சுற்று நீக்குகிறது. சிறிய பேட்டரியும் அதனுடன் இணையும் மின்தடை



படம் 20.2

சுழிச்சீரமைப்பு உடைய *VTVM*

மாற்றியும் சேர்ந்து சைகை இல்லாதபொழுதும் பாய்கின்ற ஆனோடு மின்னோட்டத்தைச் சுழியாக்கும். சைகை இல்லாத பொழுது

அளவுகோலில் முள் சுழியைக் காட்டுமாறு மாறுமின்தடையைச் சீரமைக்க வேண்டும்.

இச் சுற்றிலும் குறைகளில்லாமலில்லை. சைகை நீக்கப்பட்டால், கிரிடு சுற்று மூடி இருக்கும்; ஆனால், கிரிடு மின்தடை வழியாகச் சிறிது மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த வேண்டியுள்ளது. இதனைக்குறைக்க கிரிடு மின்தடையை உயர்த்தலாம்; அப்பொழுதும் சுற்று நிலைப்பாட்டை மனத்தில் கொண்டே அதைச் செய்ய வேண்டும்.

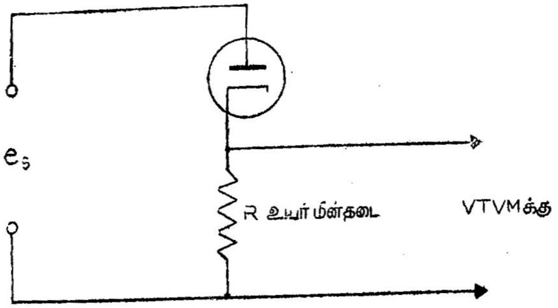
நிலைப்பண்பியல் கோட்டில், வெட்டுப்புள்ளிக்கு அண்மையான வளைந்த பகுதியில் பயசு-மின்னழுத்தம் கொடுத்தால், மிகச்சிறிய சைகைகளையும் அளக்கலாம்; ஆனால் துல்லியமிராது. பண்பியல் கோடு ஒரு பரவளையமாயின், மீட்டரின் அளவுகோல் இருமடி விதி வகை (Square law type) ஆகும்.

20.2 மாறுதிசைமின்னோட்டம் VTVM (Alternating current VTVM)

இக் கருவிகள் சைகையைத் திருத்திப் பின்னர், திருத்தப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை அல்லது மின்னோட்டத்தை அளக்கின்றன. திருத்தபட்ட மின்னழுத்தமோ, மின்னோட்டமோ மாறுதிசை சைகையைப் பொறுத்த ராசியாகும். படம் (20.1)-ல் காணப்படும் குழாயின் நிலைப்பண்பியல் கோட்டின் வளைந்த பகுதியில் செயல்படு புள்ளியிருந்தால் ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் சராசரிமதிப்பு *AC* சைகையைப் பொறுத்து மாறும். ஒரு *AC* சைகையானது ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பை மாற்றும் என்றறிவோம். படம் (20.1)–ல் காணப்படும் சுற்று *AC* வோல்ட் மீட்டராகவும் பயன்படும். பொதுவாகவே *AC VTVM*-ல் சைன் வளையமான சைகைகளே அளக்கப்படும் என்ற கருத்தில் அவற்றின் அளவு கோல்களில் அளவீடுகள் குறிக்கப்படுகின்றன.

உயர் அதிர்வெண்களுடைய *AC* வோல்டேஜை அளக்கப் பயன்படும் *VTVM*-களில், முதலில் *AC* மின்னழுத்தமானது அரை அலைத்திருத்தம் செய்யப்பட்டுப் பின்னர் ஒரு *DC VTVM*-க்கு உள்ளீடாகிறது. இதற்கான அலைதிருத்தும் சுற்று படம் 20.3-ல் காணப்படுகிறது. உயர் மின்தடை *R*-ன் முனைகளிடையே தோன்றும். திருத்திய மின்னழுத்தம் மற்றொரு *DC VTVM*-க்குச் செலுத்தப்படுகிறது. இதற்கான டயோடு சாதாரணமாக மிகச்சிறியதாயிருக்கும்; எனவே, அதன் மின்வாய்களிடையே உள்ள அதிக மின்தேக்குதிறனால் தோன்றும் அகமின் மறுப்பு குறைவாகும். இதனால் உயர் அதிர்வெண்களில் ஆற்றல் வீணாகும். இக்குறையைத் தவிர்க்க டயோடை ஒரு கைப்பிடியினுள் வைத்து ப்ரோப் (Probe) எனப்படும் அங்கம் அமைக்கப்படுகிறது. உயர் அதிர்வெண்களில்

நீளமான இணைப்புக் கம்பிகளைப் பயன் படுத்த வேண்டியுள்ள பொழுது, இந்தப் ப்ரோப் (Probe) குறையை நீக்கிவிடும்.

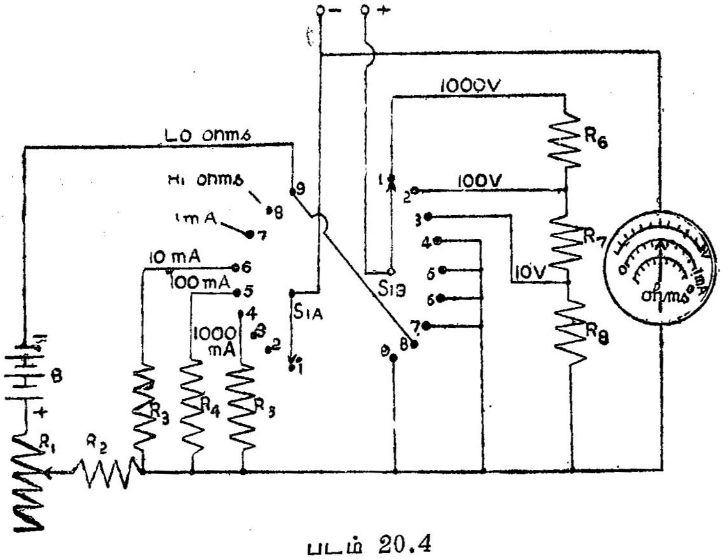


படம் 20.3

VTVM-உடன் இணையும் டயோடு அலை திருத்தி.

20.3 மல்டிமீட்டர் (Multimeter)

மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம், மற்றும் மின்தடை இவற்றை அளக்கப்பயன்படும் ஒரே கருவி மல்டிமீட்டர் ஆகும். இதனில்



படம் 20.4

மல்டிமீட்டர் சுற்று

அளவுக்கருவியாக ஒரு கால்வனுமீட்டர் உள்ளது. அளக்க வேண்டிய ராசிகளை எல்லாம் மெல்லிய மின்னோட்டமாக மாற்றி அக் கால்

வனு மீட்டரில் செலுத்தினல், அது காட்டும் விலகலிலிருந்து ராசிகளின் மதிப்பை அறியலாம். அளவுகோலிலேயே வோல்ட்கள் ஆம்பியர்கள் அல்லது ஓம்களை நேர்முகமாகக் குறிப்பிட்டு விடலாம். இப்படிச் செயல்படும் ஒரு சுற்று படம் (20·4)-ல் காணப்படுகிறது. வெவ்வேறு நெடுக்கங்களில் மின்னழுத்தம், மின்னேட்டம், மற்றும் மின்தடை ஆகியனவற்றை அளக்கப் பயன்படும் வோல்ட்-ஓம்-மில்லி அம்மீட்டர் (Volt Ohm·Milliammeter) சுற்று அப்படத்தில் காணப் படுகிறது. சோதனைகளிலும், ஏற்பிகள் மற்றும் பரப்பிகளைப் பழுதுபார்க்கவும் இது பயன்படும். இது செயல்படும் முறையைக் கவனிப்போம்.

SIA மற்றும் *SIB* என்பன ஒரு சாவியின் இரு முனைகள். இச்சாவியை இயக்க ஒரு குமிழ் மட்டுமே உண்டு. இக் குமிழைச் சுழற்றினல், சாவியின் எதிரெதிர் முனைகள் ஒரே இலக்கமுடைய முனைகளுடன் இணைகின்றன. படத்தில் இடதுமுனை எண் 1 உடைய முனையுடனும், வலதுமுனை அதேபோல எண் 1-உடைய முனையுடனும் இணைந்திருப்பது காண்க. எனவே இந்த சீரமைப்பில் *1000 VDC* மின்னழுத்தம் அளக்கலாம். இதுபோன்று *100V*, மற்றும் *10V DC* மின்னழுத்தம் அளக்க முறையே சாவிமுனை (2,2); (3,3) முனைகளுடன் இணையுமாறு சுழற்றிச் சீரமைக்கப்படும்.

மின்னேட்டம் $1000_m ADC$ வரை அளக்க சாவி முனைகள் (4.4) என்ற முனைகளுடன் இணையும். இதேபோல் (5,5); (6,6); (7,7) என்ற முனைகளுடன் இணையும் பொழுது முறையே *100,10,1mADC* வரை மின்னேட்டத்தை அளக்கலாம். முனை–8 *HI* ஓம் என்றும் முனை-9 *LO* ஓம் என்றும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த நிலைகளில் முறையே உயர் மின்தடைகளையும், தாழ்மின்தடைகளையும் அளக்கலாம்.

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்

(Bibliography)

1. YARWOOD—Introduction to Electronics.
2. GLASGOW—Principles of Radio Engineering.
3. MITCHELL—Fundamentals of Electronics.
4. SCROGGIE—Foundations of Wireless.
5. SLURZBERG and OSTERHELD—Essentials of Radio.
6. CHATTERJEE—Principles of Electronics.
7. Admiralty Handbook of Wireless Telegraphy.
8. GRAY—Applied Electronics.
9. TERMAN—Electronic and Radio Engineering.

கலைச்சொற்கள்

அக்வாடக்	— aquadag
அகவமைப்பு	— internal structure
அகார்ன்	— acorn
அச்சு	— axis
அஞ்சல் நிலையங்கள்	— relay stations
அதிபர வளையம்	— hyperbola
அதிர்வெண்	— frequency
அடிப்படை அதிர்வெண்	— fundamental frequency
அதிர்வெண் உணர்வு	— frequency response
அதிர்வெண் பெருக்கி, அதிர்வெண் மடங்குகளாக்கி	— frequency multiplier
அதிர்வெண் மாற்றி	— frequency changer
உயர் அதிர்வெண்	— (H.F) high frequency
மீஉயர் அதிர்வெண்	— (V.H.F) very high frequency
மீமீஉயர் அதிர்வெண்	— Ultra high frequency (U.H.F.)
உச்ச உயர் அதிர்வெண்	— (EHF) extremely High frequency
சூப்பர் உயர் அதிர்வெண்	— (SHF) super high frequency
இயல்பு அதிர்வெண்	— natural frequency
இடைநிலை அதிர்வெண்	— intermediate frequency
செவியுணர் அதிர்வெண்	— audio frequency
தாழ் அதிர்வெண்	— (LF) low frequency
மீதாழ் அதிர்வெண்	— (VLF) very low frequency
நடுத்தர அதிர்வெண்	— (MF) medium frequency
மாறுநிலை அதிர்வெண்	— Critical frequency
பயன்படும் அதிர்வெண்களின் பெருமம், பெருமமான பயன்படு அதிர்வெண்	— maximum usable frequency

வரம்பு அதிர்வெண்	— frequency, limiting, cut off
அடக்கு கிரிடு, அல்லது சப்ரசர்	— suppressor grid
அடிநிலை	— ground state
அடிவாய்	— base
அடிவாயில் உள்ளீடு	— base input
பொது அடிவாய்	— common base
அணிக்கோவை	— lattice
அணுக்கரு	— nucleus
அம்மீட்டர்	— ammeter
அமைதி மண்டிலம்	— skip zone or zone of silence
அயன மண்டலம்	— ionosphere
அயன மண்டலச் சூருவளி	— ionospheric storm
அயனிகள்	— ions
அயனியாக்கம்	— ionisation
அரண்	— barrier
மின்னழுத்த அரண்	— potential barrier
அரை வட்டமான, அரை வட்ட வடிவ	— semicircular
ஆல்பா—a	— alpha
அலகு	— unit
அலகு நேரம்	— unit time
அலைகள்	— waves
நிலை அலைகள்	— standing waves
ஊர்தி அலை	— carrier wave
படும் அலை	— incident wave
பிரதிபலிக்கப்பட்ட அலை	— reflected wave
மின்னியல் அலை	— electric wave
மைக்ரோ அலைகள்	— microwaves
அலையியற்றி	— oscillator
அகஅலையிறற்றி	— local oscillator
எதிர்மின்தடை அலையியற்றி	— negative resistance oscillator
எலெக்ட்ரான் பிணைப்பு, அலையியற்றி	— electron coupled oscillator
படிகக்கட்டுப்பாட்டு அலையியற்றி	— crystal controlled oscillator
பிறைமாற்று அலையியற்றி	— phase shift oscillator
மின்தடை-மின்தேக்கி அலையியற்றி	— resistance-capacity oscillator, R.C oscillator
மாஸ்டர்அலையியற்றி	— master oscillator

இயைவுறு ஆனோடு, அலையியற்றி	—	tuned plate oscillator or tuned anode oscillator
இயைவுறு ஆனோடு	—	tuned anode
இயைவுறு கிரிடு அலையியற்றி	—	tuned grid oscillator
அலையியற்றிச் சுற்றுகள்	—	oscillatory circuits
அலைப்பண்பேற்றம்	—	modulation
அலைஅதிர்வெண், பண்பேற்றம்	—	modulation, frequency
அலைபிறைபண்பேற்றம்	—	modulation, phase
அலைவீச்சுப்பண்பேற்றம்	—	modulation, amplitude
அலைப்பண்பேற்ற விகிதம்	—	modulation, depth of
அலைப்பண்பேற்றி	—	modulator
ஆனோடு அலைப்பண்பேற்றம்	—	anode modulation
கிரிடுஅலைப்பண்பேற்றம்	—	grid modulation
அலைப்பண்பிறக்கம், பண்பிறக்கம்	—	detection or demodulation
அலைஅதிர்வெண், பண்பிறக்கம், *FM* பண்பிறக்கம்	—	FM detection
AM அலைப்பண்பிறக்கம்	—	AM detection
டயோடு-அலைப்பண்பிறக்கம்	—	diode detection
கிரிடு-கசிவு, அலைப்பண்பிறக்கம்	—	grid-leak detection
ஈறிலாமின் எதிர்ப்பு, அலைப்பண்பிறக்கம்	—	infinite impedence detection
அலைப்பண் பிறக்கி, பண்பிறக்கி	—	detector
அலைப்பண்பிறக்கத் திறமை	—	detection efficiency
அலை பரவுதல்	—	wave propagation
அலைவு நேரம்	—	period or period of oscillation
அளவு	—	magnitude
அறுவை மருத்துவம்	—	surgery
அன்டென்னு	—	antenna
அன்டென்னு வரிசை	—	antenna array
கால் அலை அன்டென்னு	—	quarter wave antenna
திசைப்படுத்தும் அன்டென்னு	—	directional antenna
போலிஅன்டென்னு	—	parasitic antenna
மார்கோனி அன்டென்னு	—	Marconi antenna
ஹெர்ட்சு அன்டென்னு	—	Hertz antenna
ஆகாய வழிகாட்டி	—	air navigation
ஆட்சி	—	influence

ஆட்டோ டிரான்ஸ்பார்மர்	—	auto transformer
ஆட்டோ டைன்	—	auto dyne
ஆப்பிள்டன் படிவம்	—	Appleton layer
ஆம்பியர்	—	ampere
மில்லி ஆம்பியர்	—	milliampere
மைக்ரோ ஆம்பியர்	—	micro ampere
ஆயம்	—	axis
x ஆயம்	—	abscissae
y ஆயம்	—	ordinate
ஆயத்தொடக்கப்புள்ளி	—	origin of coordinates
ஆரத்திசை	—	radial direction
ஆரப்பிளவைகள்	—	radial slots
ஆவியழுத்தம்	—	vapour pressure
தெவிட்டியஆவியழுத்தம்	—	saturation vapour pressure
ஆற்றல் மட்டம்	—	energy level
ஆனோடு சுற்று	—	anode circuit
ஆனோடு திறமை	—	plate efficiency
இசை வுறுத்தம், இசைவுப் பொருத்தம்	—	synchronisation
இசைவுறுத்தி	—	synchroniser
இடப் பெயர்ச்சி	—	displacement
இடுகுறி	—	symbol
இடைப்பொழுது, காலக் கூறு	—	interval of time
இணைத்தடம்	—	shunt
இணைப்பு	—	connection
இடை இணைப்பு	—	centre tap
இணைப்புப்பட்டை	—	connection strip
இணைமாற்றுச்சுற்று	—	equivalent circuit
இயக்கச் சமநிலை	—	dynamic equilibrium
இயக்கக்கொள்கை	—	kinetic theory
இயைவு	—	resonance
இயைவு அதிர்வெண்	—	resonant frequency
இயைவுச் சுற்று	—	resonant circuit
இயைவின் கூர்மை	—	sharpness of resonance
தொடரிணைப்பில் இயைவு	—	series resonance
பக்க இணைப்பில் இயைவு	—	parallel resonance
தன்இயைவு	-	self resonanee
இரட்டிப்பான்	—	doubler
இரட்டை	—	doublet
இரட்டை டயோடு	—	duo-diode

இரட்டை டயோடு-டிரயோடு — duo diode-triode
இரட்டைத்தகடுகள் — pair of plates
இரம்பப்பல் — saw tooth
இருட்டடிப்பு — blank out
இருப்பிடம் காட்டி — plan position indicator (PPI)
இருமடி, சதுரம் — square
இருமுனை — dipole
இரைச்சல் — noise
 'ஷாட்' இரைச்சல் — shott noise
 குழாய் இரைச்சல் — tube noise
 வெப்ப இயக்க இரைச்சல் — thermal agitation noise
இலக்கு — target
இழை — filament
ஈறிலி — infinity
உச்ச மதிப்பு — peak value
உட்கவர்தல் — absorption
உணர்வுத் திறன் — sensitivity
உமிழ்ப்பான் — emitter
 உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் — emitter current
உமிழ்ப்பானில் உள்ளீடு — emitter input
 பொதுஉமிழ்ப்பான் — common emitter
உமிழ்வு — emission
 இரண்டாம் நிலை உமிழ்வு — secondary emission
உமிழ்வுச் சுற்று — emitter circuit
உரப்புக்கட்டுப்பாடு — volume control
 இயக்கப்படும் உரப்புக் கட்டுப்பாடு — manual volume control
உரப்புத்தறகட்டுப்பாடு — automatic volume control (AVC)
உராய்வு — friction
உருகுநிலை — melting poin
உள்ளகம் — core
உள்ளீடு — input
உறை — envelope
ஊடகம் — medium
ஊளை — squeal
எக்ஸ்பொனன்ஷியலி இயல்பாக — exponentially
எண்ணியல் தொகை — algebraic sum
எதிர் — negative

எதிராக்கம், ஆக்கப்பாழ்	—	degeneration
எதிர்மின்வாய்	—	negative terminal, negative electrode
எதிர் ராசி	—	negative quantity
எதிர்வினை	—	reaction
எதிரொலி	—	echo
எமிட்ரான்	—	emitron
பின்வரு எலெக்ட்ரான்கள்	—	secondary electrons
சுதந்திர எலெக்ட்ரான்கள், தனி எலெக்ட்ரான்கள்	—	free electrons
எலெக்ட்ரான் ஓட்டம்	—	electron flow
எலெக்ட்ரான் வாயு	—	electron gas
எலெக்ட்ரான் வோல்ட்	—	electron volt (EV)
எலெக்ட்ரான் கற்றை, ஆற்றல் குழாய்	—	Beam power tube
எலெக்ட்ரான் கன், எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி	—	electron gun
எலெக்ட்ரான் பெருக்கி	—	electron multiplier
எலெக்ட்ரான்-மின்துளை இரட்டை	—	electron-hole pair
எலெக்ட்ரான் மின்துளை பிணைப்பு, எலெக்ட்ரான்மின்துளை கலப்பு	—	electron-hole combination
எலெக்ட்ரானியல் லென்சு	—	electronic lens
ஏற்பு	—	reception
ஏற்பு C-W	—	reception, C.W
ஏற்பான்	—	collector
ஏற்பான் மின்னோட்டம்	—	collector current
ஏற்பானின் மின்னழுத்தம்	—	collector voltage
பொது ஏற்பான்	—	common collector
ஏற்புச்சுற்று	—	collector circuit
ஏற்பி		receiver
ஏற்பி, *AM*	—	AM receiver
இயைவுறு ரேடியோ, அதிர்வெண் ஏற்பி	—	tuned radio frequency receiver
TRF ஏற்பி	—	TRF receiver
ஏற்பி அணு	—	acceptor atom, acceptor
நேர்ஏற்பி	—	straight receiver
படிக ஏற்பி	—	crystal receiver
ஏற்ற இறக்கம்	—	fluctuation
ஐகனோஸ்கோப்	—	iconscope

ஐந்து கிரிடு மாற்றிக்குழாய் — penta grid converter
ஒருங்கே, ஒருமித்த — simultaneous
ஒலி அலைகள் — sound waves
ஒலிப்பான் — loud-speaker
ஒலிபரப்பு — broadcast
ஒலிபெருக்கி — speech or music amplifier
ஒலிமீட்பு — reproduction of sound
ஒழுங்கான மாறுபாடுகள் — regular changes
ஒளி — light
ஒளி அடிவானம் — optical horizon
ஒளிச்சிமிட்டல் — flicker
ஒளிமின்உமிழ்வு — photo electric emission
ஒளிமின்னுணர்வுடைய — photo senstive
ஒளி-மின்பெருக்கி — photo multiplier
ஒளிமின்கலம் — photo cell
ஒளிமீட்பு — reproduction of light
ஒளிரும் திரை — fluorescent screen
ஒளிரும் நேரம் — afterglow or persistence of glow
ஒளிப்பிம்பங்கள் — visual images
ஒளிபோல்பண்பு — quasi-optical behaviour
ஒளியியல் அச்சு — optical axis
ஒளியியல் மேசர் — optical maser
ஒற்றைநிற — monochromatic
ஓட்டும் திறன் — driving power
ஓம் — ohm
ஓமிக் மின்தடை — ohmic resistance
ஓரியல்பான — coherent
கடக்கும் காலம் — transit time
கடத்தாப் பொருள் — non-conductor, insulator
கடத்தி, மின்கடத்தி — conductor
குறைக்கடத்தி — semi conductor
பரிமாற்றுகடத்து திறன் — mutual conductance
கடல்பயண வழிகாட்டி — marine navigational aids
கண்ணுறு சைகை — video signal
கணம், பொழுது — instant
கணமதிப்பு — instantaneous value
கணு — section (or a filter)
கணுக்கள் — nodes
எதிர்கணுக்கள் — anti nodes

கதிர்வீச்சு	—	radiation
கதிர்வீசு கோணம்	—	angle of radiation
மாறுநிலைக்கதிர்வீசுகோணம்	—	angle of radiation, criticial
கதிர்வீசுமின்தடை	—	radiation risistance
கலக்கிப்பிரிக்கும் அலையியற்றி	—	beat-frequency oscillator
கலக்கிப்பிரிக்கும் சங்கேத ஏற்பு	—	heterodyne code reception
கலப்படம்	—	doping
கலீனா	—	galena
கழிந்த நேரம்	—	time lapse or elapsed time
கற்பனையான	—	imaginary
கற்பனைப்பகுதி	—	imaginary part
கற்றை	—	beam
கற்றை உருவாக்கப் பலகைகள்	—	beam forming plates
கற்றையாக்கும் மின்வாய்	—	focusing electode
காட்சிக் குழாய்	—	picture tube
காட்டி	—	indicator
காதொலிப்பான்	—	headphones
காந்தத் தெவிட்டம்	—	magnetic saturation
காந்தம், நிலையான	—	peramanent magnet
காந்தப் பாயம்	—	magnetic flux
காந்தப்புயல்	—	magnetic storm
காந்தப்புலம்	—	magnetic field
காந்தவியல் விலக்கம்	—	magnetic deflection
கார்பொரண்டம்	—	corborundum
காமா கதிர்கள்	—	gama rays
கார் உலோகங்கள்	—	alkali metals
கால்வனு மீட்டர்	—	galvonometer
காஸ்மிக் கதிர்கள்	—	cosmic rays
கிராபைட்	—	graphite
கிராம் மூலக்கூறு	—	gram-molecule
கிரிடு	—	grid
கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு	—	control grid
கிரிடு கசிவு	—	grid leak
கிரிடு சுற்று	—	grid circuit
கிரிடு-மின்தடை	—	grid-resistor
கிலோஓம்	—	kilo ohm
கிளர்ந்தநிலை	—	exited state
கிளை	—	branch
கிறுக்கலானவளைவுகள்	—	Kinks

குணகங்கள் — coefficients (of a vacuum) tube
குணங்கம் — factor
குலைவு, உருக்குலைவு — distortion
அதிர்வெண் குலைவு — frequency distortion
பிறைக்குலைவு — phase distortion
நேர்போக்கிலாகுலைவு — non-linear distortion
குவார்ட்சு — quartz
குவியக்குலைவு — defocusing
குழிவு — concavity
குழு — family (of curves)
குற்றலைகள், — ripples
குற்றலைஎண் — ripple factor
குற்றொளிர்வு — short persistence
குறுக்குச்சுற்று, குறுக்குத்தடம் — short circuit
குறுக்குத் திசை வேகம் — transverse velocity
குறுந்தொலைவு — short distance
குறை — defect, disadvantage
கூட்டு, தொகுப்பு — combination
கூடுகை எலெக்ட்ரான் — valence electron
கூடுகைப்பிணைப்பு — covelent bond
கூலூம் — coulomb
கூறுகள், உறுப்புகள் — components
கென்னலி ஹீவிசைடு படிவம் — kennelly-heaviside layer
கேத்தோடு கதிர் ஆசிலோகிராப் — cathode ray oscillograph (CRO)
கேத்தோடு கதிர்க்குழாய் — cathode ray tube
கொசைன் — cosine
கொடை அணு — donor atom, donor
சங்கேதம் — code
சட்டம் — frame
சந்தி — junction
சந்தி டயோடு, ஜங்ஷன் டயோடு — junction diode
சந்தி டிரான்சிஸ்டர் — junction transistor
உமிழ் சந்தி — emitter junction
உருகிய சந்தி — fused junction
ஏற்பு சந்தி — collector junction
சமன்பாடு — equation
சராசரி மதிப்பு — average value
சரிசமமான பிரதி — replica

சருமம், தடம் — surface
சாவி — key, switch
சிலிகான் — silicon
சிற்றலை — short wave
மீச்சிற்றலை — ultra short wave
சிறுபான்மை — minority
சிறுமம் — minimum
சீரமை — adjust
சுமப்பான் — carrier
சுற்றுகள் விகிதம் — turns ratio
சூப்பர்ஹெட் — superhet
சூப்பர்ஹெட்ரோடைன் — super heterodyne
சூரியப்புள்ளி சுற்று, சூரியப்புள்ளி சைக்கிள் — sun-spot cycle
சூன்யம், வெற்றிடம், சூன்யவெளி — vacuum
செயல்படு நெடுக்கம் — operating range
செயல்படு புள்ளி — operating point
செயல்பாட்டு வரம்புகள் — ratings
செயல்முறை, வினை — action
சைகை-இரைச்சல் விகிதம் — signal to noise ratio
சைகை தகடு — signal plate
சைகை மின்னழுத்தம் — signal voltage
சைகை மூலம் — signal source
சைகை வலிமையை ஏற்கும் திறன் — signal handling ability
RF சோக் — RF choke
AF சோக் — AF choke
'ட்டிக்ளர்' — tickler
ட்ரோபாஸ்பியர் — troposphere
டிட், மற்றும் டா — dit & dah
புள்ளிகளும் கோடுகளும் — dots & dashes
டிரான்சிஸ்டர் — transistor
டூர்மலைன் — tourmaline
டெலிவிஷன், தொலைக்காட்சி — television
தகடுகள் — plates (of a condenser)
தகைவு — stress
இறுக்கும் தகைவு — compressional stress
நீட்சித் தகைவு — tensile stress

தட்டு, ஆனோடு — plate, anode
தட்டு — stage
தட்டுகளிடை பிணைப்பு — interstage coupling
தடைகளற்ற வெளி — free space
தடையுறு அலைவுகள் — damped oscillations
தனியலையான, (சைன் வடிவ) — sinusoidal
தாட்குறி — subscript
தாவுதூரம் — skip distance
திசைப்படுத்துவான் — director
திசைப்பண்பு — directional characteristics
திமில் — hump
திரிபு — strain
திருத்தி — rectifier
அரைஅலைதிருத்தி — rectifier, half wave
முழுஅலைதிருத்தி — rectifier, full wave
திறமை — efficiency
பெருமத்திறமை — maximum efficiency
திறன் — power
திறன் உணர்வு — power sensitivity
திறன் எண் — power factor
திறன் எண் கோணம் — power factor angle
தோற்றத்திறன் — apparent power
திறன்மட்டம் — power level
குலைவில்லாத பெருமத்திறன் — maximum undistorted power
பெருமத்திறன் மாற்றம் — maximum power transfer
தினசரி பகற்கால மாற்றங்கள் — diurnal
தீப்பொறி அமைப்புகள் — ignition systems
துடிப்புகள் — pulses
துடிப்பெண் — pulsatance
துடிப்படக்கச் சுற்றுகள் — smoothing circuits
துடிப்பியற்றி — pulser, pulser generator
துண்டம் — segment
துண்டு — slice
துணைக்கோள் தொடர்பு — satellite communication
துணைச்சுற்று — secondary circuit
தூண்டு, தூண்டபட்ட — induced
தூண்டல் புலம் — induction field
தூய — pure

தேர்த்திறன்	—	selectivity
தேர்ந்த மங்கல்	—	selective fading
தேர்ந்தெடுத்தல்	—	selection
தொகுதி	—	numerator
தொகுநியாக்கு	—	integrate
தொட்டிச்சுற்று	—	tank circuit
தொடரிணைப்புச்சுற்று	—	series connection circuit
தொடர் சுற்று	—	series circuit
தொடர் ஊட்டு	—	series feed
தொடர்-பக்க இணைப்புச்சுற்று	—	series-parallel circuit
தொடர்பு	—	relationship
தொடர்பு	—	communication
தொடர் புயம்	—	series arm
நகரும் இணைப்பு	—	moving contact
நடுத்தரமான	—	moderate
நடைமுறை வரம்புகள்	—	practical limitations
நல்லியலான	—	ideal
நற்கடத்தி	—	good conductor
நாற் பெருக்கி	—	quadrupler
நிலைப்பாடு	—	stability
நிபந்தனை	—	condition
நிலை மதிப்பு	—	constant value
நிலை மின்னியல் கவசம்	—	electrostatic shield
நிலை மின்னியல் புலம்	—	electrostatic field
நிலை மின்னியல் விலகல்	—	electrostatic deflection
நிலையிலாமை	—	instability
நிறை, ஆதாயம்	—	advantage
நீட்டலை	—	long wave
நீட்டொளிர்வு	—	long persistence
நெடுக்கம்	—	range
நேர்குத்து	—	perpendicular, normal
நேர்கோட்டு அலை	—	direct or line of sight wave
நேர்கோட்டுக் காலவடி	—	linear time-base
நேர்போக்கான	—	linear
நேர்போக்குச் சமன்பாடு	—	linear equation
நேர் போக்கிலா	—	non-linear
நேர மாறிலி	—	time constant
பக்க அதிர்வெண்	—	side frequency
கீழ்ப்பக்க அதிர்வெண்	—	lower side frequency
மேல்பக்க அதிர்வெண்	—	upper side frequency

பக்க இணைப்பு ஊட்டு — parallel feed
பக்க இணைப்புச்சுற்று — parallel circuit
பக்கப்பட்டைகள் — side bands
கீழ்ப்பக்கப்பட்டைகள் — lower side-bands
மேல்பக்கப்பட்டைகள் — upper side-bands
பக்க புயம் — shunt arm
பகுதி — denominator
பகுதி ஒளிவிடும் ஆடி — semi-transparant mirror
பகுப்பாய்வு — analysis
பகு புள்ளிகள் — tapping points
பட்டை அகலம் — bandwidth
பட்டை செலுத்துதல் — bandpass
பட்டை வடிவமாக்குதல் — band shaping
படிகம் — crystal
படிகம் X வெட்டு — X cut, crystal
படிகம் Y வெட்டு — Y cut, crystal
படிவம் — layer
பண்பியல் கோடுகள் (பண்பியல்கள்) — characteristic curves
நிலைப்பண்பியல் கோடுகள் — static characteristics, anode characteristics
இயக்கப் பண்பியல் கோடு அல்லது பளுப்பண்பியல் கோடு — dynamic characteristic curve or load characteristic curve
பரிமாற்றுப்பண்பியல் கோடு — transfer characteristics or mutual characteristics
பயசு அல்லது ஒருசார் அழுத்தம் — bias
வெட்டு மின்னழுத்தம் — cut off voltage
வெட்டும் பயசு — cut off bias
கேத்தோடு பயசு — cathode-bias
கிரிடு கசிவு பயசு — grid leak bias
கிரிடு மின்னோட்ட பயசு — grid current bias
முன்னோக்கு பயசு — forward bias
பின்னோக்கு பயசு — reverse bias
பரப்பல் — propogation
பரப்பல் மாறிலி — propagation constant
பரப்பி — transmitter
பரப்பு ஏற்பு — transmit-receive (TR)
பரவளையம் — parabola
பரிதி — periphery
பரிமாணங்கள் — dimensions

பருப்பொருள் — matter
பல்கூட்டு அலை — complex wave
பல மின்வாய்க்குழாய் — multi electrode tube
பளு — load
  பளுக்கோடு — load line
  பளுமின்தடை — load resistance
  பளு மின் எதிர்ப்பு — load impedence
பாதை வேறுபாடு — path difference
பார்வை நீடிப்பு — persistence of vision
பாளம் — slice, slab
பாஸ்ஃபார் — phosphor
பிணைப்பெண் — coefficient of coupling
பிணைந்த சுற்றுகள் — coupled circuits
'பிப்பு' — pip
'பிப்புகள்' — pips
பிம்ப ஆர்திகான் — image orthicon
பிரதிபலிப்பான்கள் — reflectors
பிரதேசம் — region
பிளந்த ஆனோடு — split anode
பிறண்ட அணுத்தொகை — population inversion
பிறை — phase
  தொடக்கப்பிறை — initial phase
  பிறைவேறுபாடு — phase difference
  பிறைகோணம் — phase angle
  பின் பிறை — phase lag
  முன் பிறை — phase lead
  ஒத்த பிறை — same phase
பிறை உறவுகள் — phase relations
பிறை மாறிலி — phase constant
பிறை மாற்றம் — phase change
சார்புப் பிறை — relative phase
பின் அடைச் சொல் — suffix
பின்னம், பகுதி, பங்கு — fraction
பின்னின்ற ஹம், பின்னணி ஹம் — background hum
பின்னூட்டப் பெருக்கி — feedback amplifier
பின்னூட்டச்சுற்று — feed back circuit
  ஆக்கப் பின்னூட்டம் — regenerative feed back
  எதிர்ப் பின்னூட்டம் — negative feed back
  நேர்ப்பின்னூட்டம் — positive feed back

மின்னழுத்தப் பின்னூட்டம், வோல்டேஜ் பின்னூட்டம் — voltage feed back
மின்னோட்டப் பின்னூட்டம் — current feed back
பீச்சு — inject
பீசோ - மின்னியல் படிகங்கள் — Piezo electric crystals
புலம் — field
ஆரக்கால் புலம் — redial field
முடுக்கும்புலம் — accelerating field
புவி புவி இணைப்பு — earth, earth connection, grounding
புவி இணைப்புடைய கிரிடு — grounded grid
புவி இணைப்புடைய கேதோடு — grounded cathode
புவி பிரதிபலிப்பு அலை — ground reflected wave
புவி மட்ட அலை — ground wave or surface wave
புற ஊதா — ultra violet
புறச்சிவப்பு — infra-red
புறச்சுற்று — external circuit
பெருக்கற் சராசரி — geometric mean
பெருக்கி — amplifier
பெருக்கி அடுக்கு — multistage amplifier
கண்ணுறு பெருக்கி — video amplifier
பெருக்கி *A* வகை — amplifier, Class A
பெருக்கி *B* வகை — amplifier, Class B
பெருக்கி *C* வகை — amplifier, Class C
AF பெருக்கி — AF amplifier
கேத்தோடு பின்பற்றி — cathode follower
தள்ளு-இழு பெருக்கி — amplifier, push-pull
திறன் பெருக்கி — power amplifier
பஃப்பர் பெருக்கி — buffer amplifier
மின்னழுத்தப் பெருக்கி — voltage amplifier
IF பெருக்கி — IF amplifier
இயைவுசெய்யப்பட்ட, RF பெருக்கி — tuned RF amplifier
பெருக்கு எண் — amplification factor
பெருக்கு திறன் — gain (as in voltage gain)
பெருமம் — maximum
பென்டோடு — pentode
பேட்டரி — battery
பொட்டு — spot

பொட்டுகள்	—	globules
பொந்து	—	cavity
பொந்துஅதிர்வி, பொந்து ஒத்ததிர்வி	—	cavity resonator
பொலிவு	—	brightness
போலார் வரை படம்	—	polar diagram
ஃபோட்டான்	—	photon
மங்கல்	—	fading
படபடப்பு மங்கல்	—	flutter fading
மடங்கு	—	multiple
முழு மடங்கு	—	integral
மடி மூலங்கள்	—	roots
சராசரி இருமடியின், மடிமூல மதிப்பு	—	R.M,S value, Root mean square value
மும்மடி மூலம்	—	cube-root
மரபு	—	convention
மாசுகள், வேற்றுப் பொருள்கள்	—	impurities
மாய சப்ரசர்	—	virtual suppressor
மாறுபாடுகள்	—	changes
மாறு நிலைப்பிணைப்பு	—	critical coupling
மாற்று வழி, ஒதுக்கிச் செல்	—	by pass
மாற்றி	—	converter
மிதக்கும் கிரிடு	—	floating grid
மின் எதிர்ப்பு	—	impedence
சிறப்பியல் மின் எதிர்ப்பு	—	characteristic impedence
மின் எதிர்ப்புச் சமனம், மின் எதிர்ப்புப் பொருத்தம்	—	impedance matching
உள்ளீடு மின்எதிர்ப்பு	—	input impedance
வெளியீடு மின்எதிர்ப்பு	—	output impedance
மின்கலம்	—	cell, electric
மின்காந்த அலைவரிசை	—	electromagnetic spectrum
மின் காந்தப்புலம்	—	electromagnetic field
மின்காப்பு	—	insulation
மின்தடை அல்லது எதிர்ப்பான்	—	resistance, resistor
மின்தடை எண்	—	specific resistance, resistivity
அகமின்தடை	—	internal resistance
ஆனோடு மின்தடை	—	anode resistance or plate resistance
மின்தடை-மின்தேக்கிப் பிணைப்பு,	—	Resistance-capacity coupling,
R- C பிணைப்பு	—	R-C coupling
வெளியீடு மின்தடை	—	output resistance

கேத்தாடு மின்தடை — cathode resistor
மின்திறன், மின்சாரத்திறன் — power, electrical
மின்துளை — hole
மின்தேக்கி — capacitor, condenser
மின்தேக்கு திறன் — capacitance
மின்தேக்கம் — capacity
அகமின் தேக்கம் — inter electrode capacitance, internal capacitance
மின்வாய்களிடையே தேக்கு திறன் — inter electrode capacitance
சேமிப்பு மின்தேக்கி — reservoir condenser
தடுக்கும் அல்லது பிணைக்கும் மின்தேக்கி — blocking capacitor or coupling capacitor
பரவலான மின்தேக்கு திறன் — distributed capacitance
அடுக்கு மின்தேக்கி — gang capacitor
மின்நிலைச்சுருள், நிலைமச்சுருள் — Inductance coil
தன்நிலைமம் — self inductance
பரிமாற்று மின்நிலையம் — mutual inductance
அகமின் நிலையம் — internal inductance
மின்நிலைம-மின்தேக்கிப் பிணைப்பு I-C பிணைப்பு — inductance-capcity coupling, I-C coupling
மின்புலம் — electric field
மின்மறுப்பு — reactance
மின்தேக்க மின்மறுப்பு — capacitive reactance
மின்நிலைம மின்மறுப்பு — inductive reactance
மின்மாற்றி — transformer
பெருக்கும் மின்மாற்றி ஏற்று மின்மாற்றி — step-up transformer
கீழ் இறக்கும் மின்மாற்றி — step-down transformer
உள்ளீடு மின்மாற்றி — input transformer
வெளியீடு மின்மாற்றி — output transformer
மின்மாற்றிப் பிணைப்பு — transformer coupling
IF மின்மாற்றி — I F transformer
RF மின்மாற்றி — R F transformer
மின்வாய் — electrode (terminal)
நேர்மின்வாய் — positive electrode
எதிர்மின்வாய் — negative electrode
மின்விரிசல் — electrical break down

கடத்துமின்அழுத்தம்	— striking potential
மின்னழுத்த இறக்கம்	— potential drop
மின்னழுத்த வேறுபாடு	— potential difference (p.d)
எதிர்மின்னழுத்தம்	— reverse voltage
மூலமின்னழுத்தம்	— source voltage or supply voltage
மாறுதிசை மின்னழுத்தம்	— alternating voltage
மின்னழுத்த இரட்டிப்பான்	— voltage doubler
மின்னழுத்தப் பகுப்பான்	— potential divider, voltage divider
மின்னழுத்த நிலைப்பாட்டுத் திறன்	— voltage regulation
மின்னாற்பகுப்பு	— electrolysis
மின்னாற் பகுப்பான	— electrolytic
மி.இ.வி; மின்னியக்கு வரிசை	— e. m.f; electromotive force
எதிர்மின்இயக்கு வரிசை	— back e. m. f.
மின்னியற்றி	— generator
மின்னியல் அச்சு	— electrical axis
மின்னியல் நீளம்	— electrical length
மின்னிறக்கம்	— discharge (of capacitor)
மின்னூட்டம்	— charge
நேர்மின்னூட்டம்	— positive charge
எதிர் மின்னூட்டம்	— negative charge
எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம்	— electronic charge
சூழ்மின்னூட்டம்	— space charge
மின்னூட்ட நிறைத்தகவு	— specific charge
மின்னோட்ட அடர்த்தி	— current density
ஆனோடு மின்னோட்டம்	— plate current, anode current
அமைதி மின்னோட்டம்	— quiescent current
உச்ச மின்னோட்டம்	— peak current
ஊட்டு மின்னோட்டம்	— charging current
எதிர்மின்னோட்டம், பிரதி பலிப்பு மின்னோட்டம்	— reverse current, reflected current
நகர்வு மின்னோட்டம்	— drift current
நிலையிலா மின்னோட்டம்	— transcient current
நேர்மின்னோட்டம்	— direct current
தெவிட்டிய மின்னோட்டம்	— saturation current
தொகுமின்னோட்டம்	— resultant current
வெப்பநிலை வரம்புடைய மின்னோட்டம்	— temperature-limited current
மாறுதிசை மின்னோட்டம்	— alternating current
மீள்வரி	— retrace
முக்கிய 'பிப்பு'	— 'main bang', main pip
முகடு	— crest

முடுக்கும் ஆனோடு — accelerating anode
முடிக்குறி — superscript
முதன்மைச் சுற்று — primary circuit
முப்பெருக்கி — tripler
முழுவட்டச்சுழற்சி — complete revolution
முற்றிசைவு — fidelity
ஒலிமீட்பில் முற்றிசைவு — fidelity of reproduction
முன்அடைச் சொல் — prefix
முனைப்பண்பு, முனைவு — polarity
முன்னோடு திசைவேகம் — forward velocity
மூலம் — source
மின் மூலம் — source of e. m. f.
மூல, மூலமான — original
மெகோம் — megohm
மெய்ப்பகுதி — real part
மெய்மதிப்பு — absolute value (of a complex quantity)
மெய்யான நேர் எண் — real positive number
மெய்யான எதிர் எண் — real negative number
மெலிப்பு — attenuation
மெலிக்கும் மாறிலி — attenuation constant
மேக்னெட்ரான் — magnetron
மேசர் — maser
மேற்சுரங்கள் — harmonics
இரட்டைப்படையான மேற் சுரங்கள் — even harmonics
மேற்பொருத்தல் கொள்கை — superposition, principle of
மைக்ரபோன் — microphone
மைக்ரோஅலை அஞ்சல் — microwave relay
மைக்ரோ செகண்டு — microsecond M-second
மைக்ரோபோனிக்ஸ் — microphonics
மையப்படுத்தல் — centring, centering
மொசைக் — mosaic
மோபா — mopa
யாகி ஏரியல் — yagi aerial
ராக்கெட் — rocket
ரேடார் — radar
ரேடியோ அஞ்சல் — radio relay
ரேடியோ அதிர்வெண் — radio frequency
ரேடியோ அடிவா — radio horizon
ரேடியோ தந்தி — radio telegraphy
ரேடியோ தொலைப் பேசி — radio telegraphy
ரேடியோ மறைவு — radio fade out

ரேடியோ விண்மீன்கள் — radio stars
ரோஷெல் — Rochelle
இயற்கை லாகரித்தம் — natural logarithm
லிசாஜுஸ் வடிவங்கள் — lissajous figures
லிமிட்டர் — limiter
லேசர் — laser
லைட் ஹவுஸ் — light house
வடிச்சுற்றுகள் — filter circuits
குறை வடிச்சுற்று — filter, low pass
நிறை அதிர்வெண் வடிச்சுற்று, நிறை வடிச்சுற்று — filter. high pass,
பட்டை செலுத்தும் வடிச்சுற்று, பட்டை நிறுத்தும் வடிச்சுற்று — fiilter, band pass
பிணைப்பபறுக்கும் வடிச்சுற்று — filter, decoupling
மின்தேக்கி வடிச்சுற்று — capacitor filter
மின்தேக்கி உள்ளீடு — capacitor-input filter
வடிச் சுற்று — filter circuit
மின்நிலைம வடிச்சுற்று — inductance filter
மின்நிலைம-உள்ளீடு,வடிச்சுற்று — inductance-input filter
வடிவம் — shape
பருமன் — volume
வரப்புப்புள்ளி — cross over point
வரிக்கண்ணோட்டம் — scanning
பின்னிய வரிக்கண்ணோட்டம் — interlaced scanning
வலஞ்சுழியான — clockwise
வலதுகை விதி — right hand rule
வளர்ந்த சந்தி — grown junction
வளி மண்டலம் — atmosphere
வளிமண்டலக் குழப்பங்கள் — atmospherics
வளையம் — loop
வாட் — watt
வாட்டம் — slope
நல்லியல் வாயு — perfect gas
வான் அலை — sky wave
வானிலையியல் — meteorology
வானொலி — broadcasting
விகிதமாறிலி — constant of proportionality
விகிதம் — proportion
நேர் விகிதம் — proportion, direct
எதிர் விகிதம் — proportion, inverse
விட்ட எதிர் முனைகள் — diametrically opposite points
விம்மல் அதிர்வெண் — beat-frequency

விரைந்து மீள் நேரம் — fly back time
வில்லிமைட் — willemite
விலக்கும் அமைப்பு — deflecting system
விலகல் — refraction
விலகல் உணர்வு — deflection sensitivity
விலகல் விகிதம் — deviation ratio
விளிம்புகள் — edges
விளைவு — effect
விளைவுறு மதிப்பு — effective value
வீச்சு — amplitude
வீச்சுநெடுக்கம் — range of amplitude swing
வீசுபுலம் — radiation field
வெக்டர் — vector
வெட்டுப்புள்ளி — point of intersection
வெட்டும் துண்டுகள் — intercepts
வெட்டு முகப்பரப்பு — area of cross section
வெண்சுடர் விளக்கு — incandescent lamp
வெப்ப அயனி உமிழ்வு — thermiomic emission
வெப்பம் உமிழ்த்திறன் — power dissipating ability
வெப்ப விளைவு — heating effect
வெளி — space
வெளியீடு, பயனளவு — output
வெளியேற்று ஆற்றல் — work function
வெற்றிட டயோடு — vacuum diode
வெற்றிட டிரயோடு — vacuum triode
வோல்ட் — volt
வோல்ட் மீட்டர் — voltmeter
வோல்டா மீட்டர் — voltameter
ஜங்ஷன் டிரான்சிஸ்டர் — junction transistor
ஜெர்மானியம் — germanium
ஜூல் — joule
ஸ்கிரீன் கிரிடு, ஸ்கிரீன் — screen grid
ஸ்ட்ரேடாஸ்பியர் — stratosphere
ஸ்டேடிக்ஸ் — statics
ஹம் — hum
ஹெர்ட்சியன் — hertzian
ஹை-பை — Hi-Fi
ஹென்றி — Henry
ஃபாரட் — Farad
-மைக்ரோ ஃபாரட் — microfarad
-பிகோ ஃபாரட் — picofarad
Q-எண் — Q factor
X-கதிர்கள் — X-rays